

**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
(повна назва інституту)

Кафедра електропостачання
(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»
УДК 621.31

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри
В.А. Попов

«__» _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

**зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
спеціалізації Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології**

**на тему: «Підвищення ефективності енергозабезпечення
локального об'єкта з використанням
відновлюваних джерел енергії»**

Виконав (-ла): студент (-ка) II курсу, групи ОН-381мп

Бабіч Олександр Юрійович
(прізвище, ім'я по батькові) (підпис)

Науковий керівник к.т.н., ст.викл. Веремійчук Ю. А.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Консультант нормоконтроль ас. Прокопенко І.Д.
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ – 2019 року

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Інститут енергозбереження та Енергоменеджменту
Кафедра електропостачання

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Спеціалізація «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____В.А. Попов

«__»_____20__р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту

Бабічу Олександрю Юрійовичу

1. Тема дисертації: «Підвищення ефективності енергозабезпечення локального об'єкта з використанням відновлюваних джерел енергії»
2. Науковий керівник дисертації: к.т.н., ст.вик. Веремійчук Ю.А. затверджені наказом по університету від «4»листопада 2019 р. №3816-с
3. Термін подання студентом дисертації: 16 грудня 2019 року
4. Об'єкт дослідження: процес енергозабезпечення локального об'єкта з використанням відновлювальні джерела енергії.
5. Предмет дослідження: методи та засоби моделювання режимів роботи ВДЕ з врахування технічних і експлуатаційних характеристик локального об'єкта.
6. Перелік завдань, які потрібно розробити: проведення аналізу нормативно-правового забезпечення, та законодавчого регулювання щодо впровадження відновлювальних джерел енергії; проведення аналізу інструментів, що дозволять спроектувати оптимальну роботу ВДЕ за експлуатаційними і технічними характеристиками; розрахунок і моделювання режимів генерації ВДЕ, визначення ефективності їх роботи
7. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: презентація – наочні матеріали за результатами дослідження (алгоритми розрахунків та діаграми).
8. Орієнтовний перелік публікацій: Бабіч О.Ю., Веремійчук Ю.А., Аналіз

інструментів щодо виконання передпроектних робіт функціонування СЕС. VI Міжнародна науково-технічна та навчально-методична конференція Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку (PEMS'19), м. Київ; Дата проведення: 04-07 червня 2019; С. 51-53. Url - pems.kpi.ua

Бабіч О.Ю., Підвищення ефективності енергозабезпечення локального об'єкта з використанням відновлюваних джерел енергії. II Науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ, 21-22 листопада 2019, м. Київ

9. .Консультанти розділів дисертації

Нормоконтроль:

ас. Прокопенко І.Д.

10. Дата видачі завдання: 31 травня 2019 року

Календарний план № з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Аналіз та сучасний стан розвитку відновлюваних джерел енергії в Україні	01.06.19-22.06.19	
2	Методи та підходи розрахунку відновлювальних джерел енергії для локального об'єкту	23.06.19-31.07.19	
3	Моделювання інтегрованої системи електрозабезпечення будівлі	01.08.19-31.09.19	
4	Розроблення стартап-проекту	16.11.19-25.11.19	
5	Оформлення дисертації та презентації	26.11.19 – 02.12.19	
6	Оформлення реферату	03.12.19 – 07.12.19	
7	Захист МД	17.12.19 – 20.12.19	

Студент

Бабіч О.Ю.

Науковий керівник дисертації к.т.н. ст.вик.

Веремійчук Ю.А.

РЕФЕРАТ

Структура і обсяг дисертаційної роботи. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів основної частини, висновків, списку використаних літературних джерел. Повний обсяг дисертації складає 95 сторінок, 24 рисунків, 6 таблиць, список використаних джерел, що містить 50 бібліографічних найменувань.

Актуальність теми. З огляду на проблему енергетичної безпеки країни та окремих її регіонів, особливої ваги набувають питання інтеграції джерел децентралізованого електропостачання до (традиційної) електроенергетичної системи централізованого електропостачання. Погляди науковців та фахівців енергетичної галузі щодо вжитку лексичних термінів для позначення джерел «розподіленої» та/або «розосередженої» генерації різняться. Системи електропостачання локальних господарських об'єктів, побудовані на основі комбінованих енергетичних установок, що розглядаються у цій дисертації, слід віднести до засобів децентралізованого електропостачання.

Загалом, вирішенням проблем, що пов'язані з підвищення ефективності енергозабезпечення локального об'єкта з використанням відновлюваних джерел енергії присвячені наукові дослідження, проф. Денисюка С.П., академіка НАНУ Шидловського А.К., член-кор. НАНУ Кириленка О.В., проф. Кудрі С.О., вчених Інституту Електродинаміки НАНУ (член-кор. НАНУ Резцова В.Ф., проф. Липківського К.О., проф. Юрченка М.М.), Харківського національного технічного університету (проф. Сокола Є.І.).

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження, що представлені у роботі, виконувались на кафедрі електропостачання Національного технічного університету України «Київський Політехнічний Інститут Інституту енергозбереження та енергоменеджменту».

Метою дослідження є підвищення ефективності енергозабезпечення локального об'єкта з використанням відновлювальних джерел енергії.

Для досягнення цієї мети вирішувалися наступні **завдання**:

- проведення аналізу нормативно-правового забезпечення, та законодавчого регулювання щодо впровадження відновлювальних джерел енергії
- проведення аналізу інструментів, що дозволять спроектувати оптимальну роботу ВДЕ за експлуатаційними і технічними характеристиками
- розрахунок і моделювання режимів генерації ВДЕ, визначення ефективності їх роботи

Об'єкт дослідження: процес енергозабезпечення локального об'єкта з використанням відновлювальні джерела енергії

Предметом дослідження є методи та засоби моделювання режимів роботи ВДЕ з врахування технічних і експлуатаційних характеристик локального об'єкта, що забезпечить економію енергоресурсів.

Наукова новизна полягає в обґрунтуванні техніко-економічних доцільності встановлення дахової СЕС, що дає можливість підвищити ефективності енергозабезпечення локального об'єкта.

Практичне значення отриманих результатів полягає у тому, що встановлення та експлуатація дахових СЕС в структурі енергозабезпечення локального об'єкта дозволяє зменшити споживання електричної енергії та викидів CO₂ в атмосферу.

Апробація результатів представлена на VI Міжнародна науково-технічна та навчально-методична конференція Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку (PEMS'19) Аналіз інструментів щодо виконання передпроектних робіт функціонування СЕС.

Публікації. Бабіч О.Ю., Веремійчук Ю.А., Аналіз інструментів щодо виконання передпроектних робіт функціонування СЕС. VI Міжнародна науково-технічна та навчально-методична конференція Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку (PEMS'19), м. Київ; Дата проведення: 04-07 червня 2019; С. 51-53.

Інформаційні технології. Для виконання розрахунків у розділі 3

магістерської дисертації використовувалось наступне програмне забезпечення: Helioscope, MS Excel.

Ключові слова: локальний об'єкт, енергозбереження, енергоефективність, сонячна електростанція, геліосистема, потужність, відновлювальні джерела, базова генерація.

ABSTRACT

Structure and scope of dissertation. The dissertation consists of an introduction, four sections of the main part, conclusions, a list of used literature sources. The full volume of the dissertation is 95 pages, 24 figures, 6 tables, a list of used sources, containing 50 bibliographic names.

Actuality of theme. Given the problem of energy security of the country and its individual regions, the issue of integration of sources of decentralized electricity supply to the (traditional) electricity system of centralized electricity supply is of particular importance. The views of energy industry scholars and professionals on the use of lexical terms to refer to sources of "distributed" and / or "dispersed" generation differ. The power supply systems of local businesses constructed on the basis of the combined power plants discussed in this article should be classified as decentralized power supply.

In general, research related to improving the energy efficiency of a local facility through the use of renewable energy sources is dedicated to prof. Denisyuk S.P. Academician of NASU Shidlovsky AK, Corresponding Member NASU Kirilenko OV, prof. Kudri SO, scientists of the Institute of Electrodynamics of NASU (Corresponding Member of NASU Reztsov VF, Prof. Lipkivsky KA, Prof. Yurchenko MM), Kharkiv National Technical University (Prof. Sokol E.I.).

Relationship with working with scientific programs, plans, topics. The researches presented in the paper were performed at the Department of Power Supply of the National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute of the Institute of Energy Saving and Energy Management".

The purpose of the study is to improve the energy efficiency of the local facility using renewable energy sources.

To achieve this goal the following tasks were **solved**:

- Conducting an analysis of regulatory support and legislative regulation on the introduction of renewable energy sources
- carrying out analysis of tools that will allow to design the optimal operation of RES according to operational and technical characteristics
- calculation and modeling of RES generation modes, determination of their work efficiency

Object of Study: The process of providing energy to a local facility using renewable energy

The subject of the study is methods and tools for simulating the modes of RES operation, taking into account the technical and operational characteristics of the local object, which will provide energy savings.

The scientific novelty is to justify the feasibility of installing a roof SES, which makes it possible to improve the energy supply of the local facility.

The practical significance of the obtained results is that the installation and operation of roof-mounted SPS in the structure of energy supply of a local facility allows to reduce the consumption of electricity and CO₂ emissions into the atmosphere.

The results are presented at the 6th International Scientific and Technical Conference on Energy Management: State and Prospects for Development (PEMS'19) Improving the Energy Efficiency of a Local Facility Using Renewable Energy.

Publications. Babich O.Yu., Veremiyuk Yu.A., Analysis of tools for the execution of pre-project works of SES functioning. VI International Scientific, Technical and Educational-Methodological Conference Energy Management: State and Prospects for

Development (PEMS'19), Kyiv; Date: 04-07 June 2019; Pp. 51-53.

Information Technology. The following software was used to perform the calculations in section 3 of the master's thesis: Helioscope, MS Excel.

Keywords: local facility, energy saving, energy efficiency, solar power plant, heliosystem, power, renewable sources.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	12
1 АНАЛІЗ ТА СУЧАСНИЙ СТАН РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В УКРАЇНІ	15
1.1 Загальна характеристика використання відновлювальних джерел енергії в Україні	15
1.2 Огляд Smart систем енергозабезпечення локального об'єкту.....	20
1.3 Економічні інструменти стимулювання розвитку ВДЕ щодо енергозабезпечення локальних об'єктів на прикладі країн ЄС.....	24
1.4 Аналіз нормативно-правового забезпечення розвитку ВДЕ	32
Висновки до розділу 1	35
2 МЕТОДИ ТА ПІДХОДИ РОЗРАХУНКУ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ЛОКАЛЬНОГО ОБ'ЄКТУ	36
2.1 Аналіз існуючих підходів щодо розрахунку параметрів геліосистеми	36
2.1.1 Визначення сонячного потенціалу місцевості	36
2.1.2 Розрахунок ступеня заміщення традиційного палива	43
2.2 Аналіз існуючих підходів щодо використання енергії з низькопотенціальних джерел..	53
2.3 Аналіз існуючих підходів щодо розрахунку параметрів фотоелектричної системи	56
2.4 Моделювання сонячних електростанцій: огляд програмного забезпечення	58
Висновки до розділу 2	68
3 МОДЕЛЮВАННЯ ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВЛІ.....	69
3.1 Опис будівлі.....	69
3.2 Споживання енергетичних ресурсів будівлі	71
3.3 Опис ФЕС. Схемні конструктивно-компоновочні рішення	72
3.4 Технічні характеристики обладнання для ФЕС.	77
3.5 Розрахунок генерації та втрат потужностей ФЕС на даху будівлі	79
Висновки до розділу 3	82
4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ	83
4.1 Опис ідеї проекту	83
4.2 Технологічний аудит ідеї проекту.....	85
4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	86
4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту	87
4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	88
Висновки до розділу 4	90
ВИСНОВКИ	91
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	92

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ВДЕ – відновлювальні джерела енергії

ВЕ – відновлювальна енергетика

ЗТ – «зелений» тариф

ЗС – «зелений» сертифікат

СЕС – сонячна електростанція

ОРЕ – оптовий ринок електроенергії

ФЕМ - фотоелектричний модуль

ТН – тепловий насос

ГЕС – гідроелектростанція

НКРЕКП – Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг

KfW – Kreditanstalt für Wiederaufbau(німецький державний банк)

ВСТУП

Актуальність теми. З огляду на проблему енергетичної безпеки країни та окремих її регіонів, особливої ваги набувають питання інтеграції джерел децентралізованого електропостачання до (традиційної) електроенергетичної системи централізованого електропостачання. Погляди науковців та фахівців енергетичної галузі щодо вжитку лексичних термінів для позначення джерел «розподіленої» та/або «розосередженої» генерації різняться. Системи електропостачання локальних господарських об'єктів, побудовані на основі комбінованих енергетичних установок, що розглядаються у цій статті, слід віднести до засобів децентралізованого електропостачання.

Загалом, вирішенням проблем, що пов'язані з підвищення ефективності енергозабезпечення локального об'єкта з використанням відновлюваних джерел енергії присвячені наукові дослідження, проф. Денисюка С.П., академіка НАНУ Шидловського А.К., член-кор. НАНУ Кириленка О.В., проф. Кудрі С.О., вчених Інституту Електродинаміки НАНУ (член-кор. НАНУ Рєзцова В.Ф., проф. Липківського К.О., проф. Юрченка М.М.), Харківського національного технічного університету (проф. Сокола Є.І.).

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження, що представлені у роботі, виконувались на кафедрі електропостачання Національного технічного університету України «Київський Політехнічний Інститут Інституту енергозбереження та енергоменеджменту».

Метою дослідження є підвищення ефективності енергозабезпечення локального об'єкта з використанням відновлювальних джерел енергії.

Для досягнення цієї мети вирішувалися наступні **завдання**:

- проведення аналізу нормативно-правового забезпечення, та законодавчого регулювання щодо впровадження відновлювальних джерел енергії

- проведення аналізу інструментів, що дозволять спроектувати оптимальну роботу ВДЕ за експлуатаційними і технічними характеристиками
- розрахунок і моделювання режимів генерації ВДЕ, визначення ефективності їх роботи

Об'єкт дослідження: процес енергозабезпечення локального об'єкта з використанням відновлювальні джерела енергії

Предметом дослідження є методи та засоби моделювання режимів роботи ВДЕ з врахування технічних і експлуатаційних характеристик локального об'єкта, що забезпечить економію енергоресурсів.

Наукова новизна полягає в обґрунтуванні техніко-економічних доцільності встановлення дахової СЕС, що дає можливість підвищити ефективності енергозабезпечення локального об'єкта.

Практичне значення отриманих результатів полягає у тому, що встановлення та експлуатація дахових СЕС в структурі енергозабезпечення локального об'єкта дозволяє зменшити споживання електричної енергії та викидів CO₂ в атмосферу.

Апробація результатів представлена на VI Міжнародна науково-технічна та навчально-методична конференція Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку (PEMS'19) Аналіз інструментів щодо виконання передпроектних робіт функціонування СЕС.

Публікації. Бабіч О.Ю., Веремійчук Ю.А., Аналіз інструментів щодо виконання передпроектних робіт функціонування СЕС. VI Міжнародна науково-технічна та навчально-методична конференція Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку (PEMS'19), м. Київ; Дата проведення: 04-07 червня 2019; С. 51-53.

Інформаційні технології. Для виконання розрахунків у розділі 3 магістерської дисертації використовувалось наступне програмне забезпечення: Helioscope, MS Excel.

Ключові слова: ЛОКАЛЬНИЙ ОБ'ЄКТ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ, ГЕЛІОСИСТЕМА, ПОТУЖНІСТЬ, ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА, БАЗОВА ГЕНЕРАЦІЯ.

1 АНАЛІЗ ТА СУЧАСНИЙ СТАН РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В УКРАЇНІ

1.1 Загальна характеристика використання відновлювальних джерел енергії в Україні

У світі спостерігається стійка тенденція до розвитку відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) та поступового заміщення ними традиційної генерації. У 2018 році світові інвестиції у ВДЕ склали рекордні 332,1 млрд дол. Частка відновлюваної енергетики у нововстановлених потужностях у світі вперше склала понад 50%.

У ЄС аналогічний показник за підсумками 2018 року склав 87%. Факт надходження рекордних інвестицій та стрімкий розвиток ВДЕ відбуваються попри найнижчі за 13 років ціни на нафту та газ, що підтверджує незворотність тренду переходу до відновлюваних джерел енергії у світі.

Протягом останніх 6 років в Україні спостерігається поступове зростання встановлених потужностей ВДЕ[4], але складна економічна ситуація в країні не сприяла досягненню цілей[2], прийнятих у Національному плані дій з відновлюваної енергетики, по досягненню 11% частки ВДЕ у енергоспоживанні. Станом на жовтень 2019 року встановлено 3 986 МВт потужностей ВДЕ, які виробляють близько 6% у загальному обсязі відпущеної електроенергії. Найбільшу частку серед ВДЕ в Україні займають вітрові та сонячні електростанції, на яких у 2018 році було вироблено 1198 ГВт*год та 1315 ГВт*год електроенергії відповідно.

Основним стимулюючим інструментом державної політики з розвитку ВДЕ є система «зелених тарифів» [1], які затверджені з прив'язкою до Євро та гарантовані до 2030 року. Однак державні рішення щодо перегляду тарифів, відміни податкових пільг для ВДЕ, підвищення вартості приєднання до мереж та потенційне запровадження штрафів за небалансування мають істотний негативний вплив на інвестиційну привабливість галузі та доступність боргового фінансування.

Доступність фінансування є одним із вирішальних факторів для розвитку ВДЕ. У країнах ЄС з найбільшим розвитком ВДЕ необхідне співвідношення позикового до власного капіталу для отримання кредитного фінансування складає 80/20, а вартість позикового капіталу менша за 5% річних. В Україні сьогодні є невелика кількість установ та програм спрямованих на фінансування проектів ВДЕ. Через непослідовну державну політику у сфері регулювання ВДЕ в Україні фінансові установи зазвичай вимагають вдвічі більше власного капіталу для надання кредитів на проекти ВДЕ, середня вартість таких запозичень складає 8-10% річних (для кредитів у дол. США).

За оцінками міжнародного агентства IRENA[34], Україна має самий великий серед країн Південно-Східної Європи технічний потенціал використання ВДЕ – 408,2 ГВт (без урахування великих ГЕС). Найбільшою є технічна можливість застосування вітрових та сонячних електростанцій: 321 ГВт та 71 ГВт відповідно IRENA[34].

Економічно-доцільний потенціал впровадження ВДЕ в Україні станом на 2030 рік оцінюється у 16-22 ГВт, в порівнянні з 1,1 ГВт, що фактично встановлені на кінець 2016 року. Потенціал впровадження ВДЕ в теплоенергетиці навіть більший, та за оцінками експертів може повністю замінити традиційні джерела енергії до 2030 року. Так, за оцінками IRENA[34], у 2030 році з ВДЕ може бути вироблено близько 57 млн Гкал теплової енергії, з яких значна частка (32,7 млн Гкал) – біомаса. Виконання даного прогнозу дозволить економити близько 7 млрд м³ природного газу щороку.

Очікується, що у наступні 10 років вартість технологій ВЕС та СЕС знизиться на 13% та 57% відповідно, що значно сприятиме впровадженню ВДЕ в Україні. За умови стабільного економічного та політичного середовища, та покращення умов фінансування проектів ВДЕ, Україна зможе значною мірою модернізувати та забезпечити енергонезалежність

електричної та теплової генерації за рахунок технологій відновлюваної енергетики.

У структурі встановлених електроенергетичних потужностей в Україні вугільна генерація (ТЕС та ТЕЦ) займає 53,5%. ВДЕ займають ~6%.

Встановлена потужність енергосистеми в Україні див. рисунок 1.1

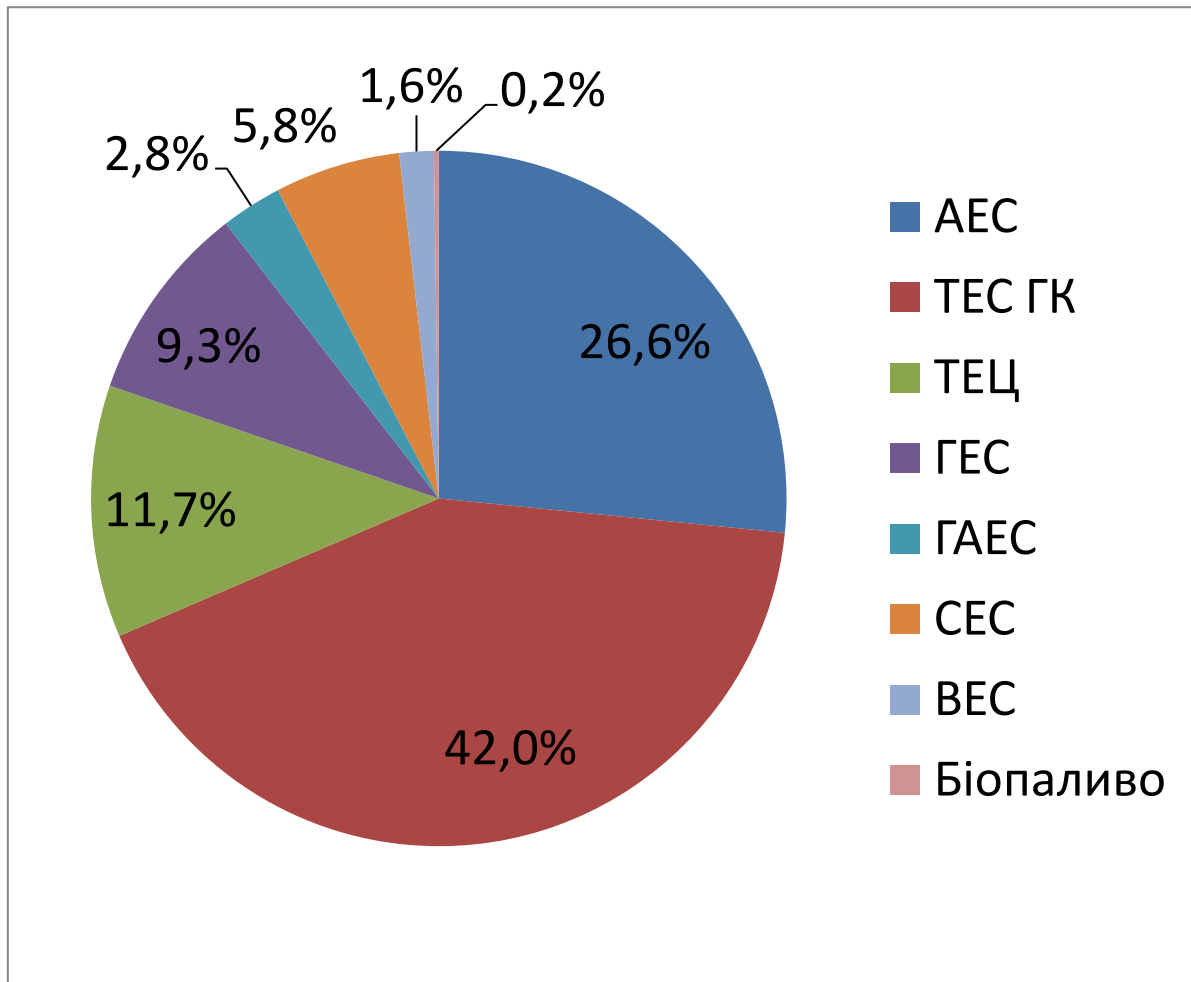


Рисунок 1.1 – Встановлена потужність енергосистеми в Україні станом на жовтень 2019 року

Встановлені потужності ВДЕ в Україні мають тенденцію до щорічного зростання (падіння у 2014 році спричинене втратою об'єктів енергетики у АР Крим та в зоні АТО). Станом на жовтень січня 2019 року встановлена потужність об'єктів відновлюваної енергетики в Україні, які працюють за «зеленим» тарифом, склала 3986 МВт.

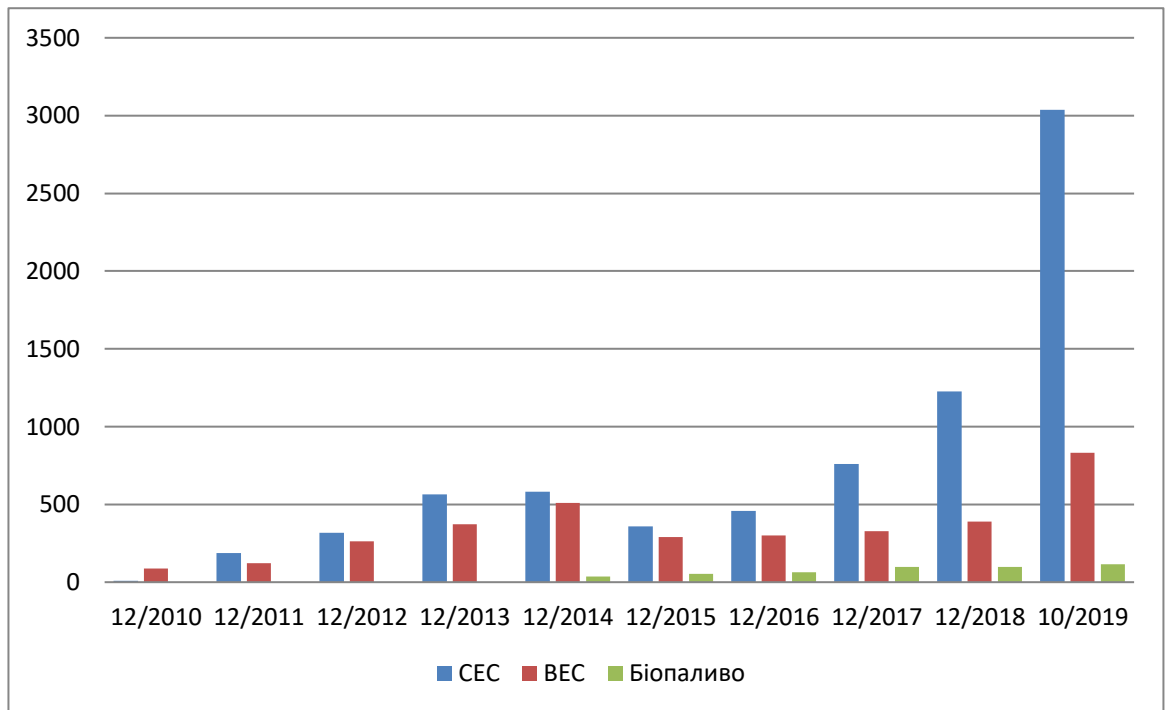


Рисунок 1. 2 – Встановлена потужність об’єктів ВДЕ, що працюють за «зеленим» тарифом в Україні, МВт

У 2019 році було введено в експлуатацію 2273,1 МВт потужностей, з них найбільше об’єктів сонячної енергетики – 1813,4 МВт та вітроенергетики 442,7 МВт. Об’єктів малої гідроенергетики та таких, що виробляють енергію з біомаси та біогазу було збудовано близько 8 МВт кожного (див. рис. 1.2)

Сонячна енергетика

Динаміка розвитку сонячної електроенергетики є найбільшою серед ВДЕ в Україні. За виключенням втрат сонячних електростанцій внаслідок анексії Криму (408 МВт) в Україні існує тенденція до щорічного зростання потужностей СЕС. У 2019 році встановлена потужність сонячних електростанцій збільшилась на 23%[5]. Стрімкий розвиток СЕС в Україні обумовлений відносною простотою реалізації проектів (порівняно з іншими технологіями ВДЕ), істотним падінням цін на обладнання (вартість 1 кВт потужності становить близько 750-900 дол) та короткими строками реалізації проекту (6 місяців разом з проектуванням).

Вітрова енергетика

У 2014 - 2019 роках динаміка зростання потужностей вітрової енергетики почала збільшуватися починаючи з 2018 року[5]. Оскільки ВЕС потребують досить великих капіталовкладень та відносно багато часу на реалізацію проекту (2-3 роки), девелоперам було досить складно розвивати проекти в умовах економічного спаду та низької інвестиційної привабливості України у 2014-2016 роках. За цей період в країні було встановлено трохи більше 11 МВт нових потужностей. А в період 2016-2019 за рахунок здешевлення вітрогенераторів встановлено 531 мВт.

Малі ГЕС

Встановлені потужності у секторі малої гідроенергетики зростають невеликими темпами – за 4 роки було введено в експлуатацію 41 МВт[5]. У зв'язку із зменшенням рівня води у річках виробіток електроенергії малими ГЕС скоротився за останні 4 роки з 286 до 189 млн кВт*год. Станом на кінець 2016 року показники продуктивності залишаються низькими – 2 100 годин роботи на повну потужність, що відповідає коефіцієнту використання встановленої потужності у 24%.

Біомаса

Станом на 2019 рік потужність об'єктів енергетики, що виробляють електроенергію з біомаси, становить 115,7 МВт[5]. Найбільше потужностей було введено в експлуатацію у 2014 та 2015 роках – 35,4 та 17 МВт, відповідно. Проте протягом останніх чотирьох років проекти з біомаси майже не реалізовувались і в 2016-2019 роках в секторі було введено лише електростанції потужністю 18,8 МВт. Виробіток електроенергії з біомаси виріс у 2.5 рази за останні 4 роки. У 2019 році станції на біомасі відпрацювали на повну потужність 2 051 годину, що відповідає коефіцієнту використання встановленої потужності у 23.4%.

Біогаз

Зростання потужностей об'єктів енергетики, що виробляють електроенергію з біогазу, розпочалося у 2013 році, коли було встановлено

перші 7 МВт. За останні 4 роки було введено в експлуатацію 20 МВт потужностей біогазової енергетики. У ефективності виробництва електроенергії станціями на біогазі спостерігається значне зростання. За результатами 2019 року станції відпрацювали на повну потужність 4 450 годин, що відповідає коефіцієнту використання встановленої потужності у 51%.

1.2 Огляд Smart систем енергозабезпечення локального об'єкту

Принцип енергонезалежності будинку ґрунтується на індивідуальному підході до кожного типу будівлі. Якщо поділити увесь житловий сектор на три групи, (приватні житлові будинки, таунхауси та невеликі поселення) то можна запропонувати комплекс інженерних та економічних рішень для створення енергонезалежних будівель, що полягають у наступному.

Створення енергонезалежних житлових секторів можливе шляхом реконструкції та модернізації застарілого фасаду будівель з додаванням енергозберігаючого матеріалу різного роду. Найчастіше такими матеріалами виступають пінопласт, мінеральна вата, пінополістирол та навіть торф, який є одним із кращих утеплювачів, біологічного походження, та має антибактеріальні властивості. Що ж стосується способів опалення та живлення будинків, то тут не можливо створити шаблон, за яким буде реалізуватися комплексна система живлення для всіх типів споруд одночасно. Адже та система живлення що підходить приватному будинку може цілком виявитися неефективною в умовах багато квартирного дому. Саме через це є сенс поділити проект розрахунку систем енергонезалежності на три типи:

- приватні житлові будинки;
- таунхауси;
- котеджне поселення.

Для розрахунку створення енергонезалежного приватного будинку необхідно з'ясувати, які саме установки та агрегати будуть використовуватись для забезпечення будівлі необхідною енергією. Перш за все необхідну електроенергію за задумом проекту будуть надавати сонячні панелі необхідної потужності. Дані панелі можна встановлювати майже на будь якій поверхні під необхідним кутом. На випадок похмурої погоди або виходу з ладу фотоелектричних установок, для вироблення додаткової кількості електроенергії використовуються вертикальні вітрогенератори, що не створюватимуть додаткового шуму та незручностей для оточуючих. Що ж стосується опалення та гарячої води в будинку, то для вирішення даної задачі передбачено встановлення сонячного колектору для підігріву води у комбінації з ґрунтовим тепловим насосом. Це надасть змогу тримати в будинку температуру комфортну для життєдіяльності людини а сонячний колектор підтримуватиме відповідну температуру в системі подачі гарячої води (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Система забезпечення будинку теплом та електроенергією[<https://www.nait.ca/>]

Отже, як бачимо комбінування даних агрегатів та теплозберігаючих матеріалів, перетворює звичайний будинок в енергозберігаюче житло, яке повністю може задовольнити свої потреби в енергії шляхом її раціонального

використання, а в деяких випадках стає навіть маленькою електростанцією, що приносить домогосподарствам непоганий дохід.

Створення енергонезалежного «Таунхауса» дещо складніша задача, проте, не дивлячись на всі складнощі проектування, даний будинок також можна перетворити в енергонезалежний. Для цього необхідно перетворити майже увесь будинок на одну суцільну сонячну електростанцію (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 – Сонячні панелі на даху енергонезалежного таунхаусу[<https://www.nait.ca/>]

Встановлення сонячного колектору на даху кожної квартири забезпечить квартиру необхідною температурою в системі подачі гарячої води та в системі опалення житлового приміщення. Проектування та встановлення геотермального теплового насоса доцільно тільки в тому випадку, коли даний агрегат встановлюється один на увесь таунхаус, звичайно ж відповідної потужності.

Третій тип енергоефективності будинків, який є одним із найважчих у розрахунках при розробці проекту, це розробка проекту енергозабезпечення

для котеджного містечка. Розглянемо 50 приватних житлових будинків, з'єднаних в один ланцюг подачі електроенергії та тепла (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Енергонезалежне котеджне містечко[<https://www.nait.ca/>]

Тепло генерується шляхом спалювання біогазу в спеціально створених біогазових установках, що нагрівають воду та централізовано подають її до кожного будинку. А для забезпечення такого містечка електроенергією на дахах будинків встановлюються сонячні панелі. За межами самого містечка будуються промислові вітрові електрогенератори, з'єднані одним центром накопичення енергії. Таке кооперування містечка в одну систему у порівнянні з індивідуальною автономною системою є більш вигідним саме з економічної точки зору, адже якщо подивитися на ситуацію через призму економії коштів, то можна чітко побачити, що дане кооперування приблизно на 50% здешевлює підключення ВДЕ а строк окупності зменшується удвічі.

1.3 Економічні інструменти стимулювання розвитку ВДЕ щодо енергозабезпечення локальних об'єктів на прикладі країн ЄС

З ростом індустріального виробництва у світі зростає кількість викидів парникових газів в атмосферу, що, в свою чергу, призвело до глобальних змін клімату. Для запобігання цьому у 1997 році було прийнято Кіотський протокол[32], до якого приєдналися 186 країн, відповідальні за 63,7% викидів парникових газів у світі. Незважаючи на зусилля багатьох країн з реалізації Кіотського протоколу, їх було недостатньо для запобігання глобальному потеплінню. Тому розвинені країни світу почали впроваджувати політику стимулювання розвитку відновлюваної енергетики (далі ВДЕ), включаючи сонячну, термальну, вітрову, гідроенергію, енергію біогазу та біомаси тощо.

На 2017 рік, згідно з Глобальним звітом «ВДЕ» [28], 176 країн встановили стратегічні цілі щодо ВДЕ (довгострокові стратегії розвитку ВДЕ), 126 країн провадять політику підтримки виробництва енергії з ВДЕ та 21 країна має політику підтримки систем опалення й охолодження з ВДЕ. На 2015 рік енергія ВДЕ забезпечувала 19,3% світового енергетичного споживання¹. Частка ВДЕ у нововстановлених потужностях у світі склала понад 50% у 2015 році, а у Європі аналогічний показник досяг 87%.

Німеччина

Після декількох незначних державних програм стимуляції ВДЕ[28], новий старт у підвищенні рівня субсидіювання фотоелектрики став можливим після зміни уряду наприкінці 1990-х. В листопаді 1999 року було запроваджено програму «Сто тисяч дахів» та прийнято Закон Федеративної Республіки Німеччини «Про відновлювану енергетику» [28]. Оскільки інвестиційне субсидіювання планувалося на рівні необхідних 350-400 МВт, вартість інсталяцій була занадто витратною. Тому було запропоновано компроміс у вигляді впровадження безвідсоткових кредитів для покриття загального рівня витрат на інвестування в інсталяції на 100%-вому рівні. Значних ефектів щодо впровадження означеної програми досягнуто не було.

Станом на 1 квітня 2000 року Законом ФРН «Про відновлювану енергетику» (далі – Закон ФРН «Про ВЕ») забезпечувалися виплати на рівні 50 євроцентів (67 US-центів) за 1 кВт за вироблену енергію фотоелектричними панелями.

Закон ФРН «Про ВЕ» [31] було дозволено застосовувати у комбінації з програмою кредитів. Результатом такого поєднання стало підвищення кількості інсталяцій. Окрім домогосподарств, комерційні підприємства також мали доступ до зазначених схем, тобто інвестиційне середовище стимулювалося в тій самій мірі, що й екологічно мотивовані споживачі. Проте, зважаючи на значний попит на такі види субсидій, умови для субсидійованих кредитів, передбачених програмою «Сто тисяч дахів» [31], були змінені. Станом на 30 квітня 2002 року було видано близько 34 000 дозволів у межах програми. До середини 2000-х через програму «Сто тисяч дахів» потужність фотоелектричних систем зростає з 2,5 кВт/годин до близько 5 кВт/годин. Також було встановлено системи з загальним виробництвом до 100 кВт/годин в межах поєднання програми «Сто тисяч дахів» та Закону ФРН «Про ВЕ».

В червні 2003 програму було закінчено, оскільки урядом не було передбачено подальшого її фінансування, хоча Закон ФРН «Про ВЕ» продовжував діяти (діючий пільговий тариф 49 євроцентів – US \$ 67 центів за кВт не дозволив досягти значних результатів щодо стимулювання економічних операцій на ринку фотоелектрики). Тому 1 січня 2004 року було прийнято новий Закон ФРН «Про ВЕ», який гарантував встановлення загальної ставки для виробництва електрики з сонячної енергії на рівні 45,7 євроцента – US \$ 61,3 центів за 1 кВт.

Крім того, якщо інсталяції були встановлені на дахах, то передбачались такі варіації виплат:

- 57,4 євроцента – US \$ 77,1 центів за кВт для спроможності до 30 кВт;
- 54,6 євроцента – US \$ 73,5 центів за кВт для спроможності вище 30 кВт;

- 54,0 євроцента – US \$ 72,5 центів за кВт для спроможності вище 100 кВт.

Виплати для сонячної енергії були зафіксовані на 20 років, для навісних інсталяцій на фасаді виплати складали 5 євроцентів – US \$ 7 центів за 1 кВт в разі, якщо це було передбачено планом розвитку регіонів.

В рамках програми Енергетичної стратегії Німеччини до 2050 року, також, діють такі схеми стимулювання та підтримки виробництва електроенергії з ВДЕ:

- кредитна програма банку KfW[31] «Офшорна вітрова енергія» (для вітрових ферм визначаються пропорції щодо співфінансування з інвесторами та пряме кредитування за сприятливими процентними ставками);
- кредитна програма банку KfW «ВДЕ» (низькопроцентні кредити з фіксованим відсотком на період від 5 до 10 років для всіх видів енергії, крім офшорної вітрової енергії);
- кредитна програма банку KfW Консорціум «Енергія та навколишнє середовище» (низькопроцентні кредити на інвестиції на берегові вітрові ферми та інсталяції фотоелектрики до 4 млрд євро);
- кредитна преміум-програма банку KfW «ВДЕ» (низькопроцентні кредити на генерацію електроенергії в глибоких геотермальних установках, СНР та установках біомаси);
- кредитна преміум-програма банку KfW «ВДЕ» (низькопроцентні кредити ТЕЦ з грантовою підтримкою повернення капіталу);
- кредитна стандарт-програма банку KfW «ВДЕ» (довгострокове та низькопроцентне кредитування для встановлення, розширення або купівлі інсталяцій генерації тепла з ВДЕ)/

Можна сказати, що в Німеччині стимулювання розвитку ВДЕ почалося ще з 90-х років, що дозволило досягти у 2012 році 10%-вої частки ВДЕ у загальному кінцевому споживанні енергії та 20%-вої частки ВДЕ у споживанні електроенергії (на 2020 рік поставлені цілі в 18% та 35%

відповідно й у перспективі досягти на 2050 рік 60% і 80% загального споживання енергії та електроенергії в країні).

Австрія

Закон Австрії «Про енергетичну лібералізацію». До прийняття Закону Австрії «Про зелену енергетику» [31] у 2002 році основним законодавчим документом у сфері ВДЕ був Закон Австрії «Про енергетичну лібералізацію», основу якого складали різноманітні регуляторні моделі, зокрема малі гідроелектростанції (далі - ГЕС) з максимальною спроможністю в 10 МВт були правомочними щодо випуску та продажу зелених сертифікатів. Кожен постачальник та/ або споживач повинні були купувати зелені сертифікати, при цьому виробництво електрики на малих ГЕС мало складати 8% від їх загального споживання. Якщо зазначена вимога не виконувалася, то сплачувався штраф у фонд (як націнка за тариф), ресурси якого розподілялися через співфінансування нових проектів у галузі ВДЕ. Пільгові тарифи та націнки на тарифи різнилися залежно від провінції з огляду на компетенції, які визначалися місцевими органами влади.

Крім того, пільгові тарифи були відмінними за різними типами енергії, а саме: для фотоелектрики вартість складала 60 євроцентів за 1 кВт, в той час коли для малих ГЕС було встановлено найменшу вартість в розмірі 3,15 євроцента за 1 кВт[32].

Було запроваджено такі пільгові тарифи:

- 7,8 євроцента за 1 кВт/годину для ВЕС;
- 7,0 євро цента за 1 кВт/годину для геотермальних електростанцій;
- 6,5-16 євроцентів за 1 кВт/годину для електростанцій сонячної біомаси та відходів з великою часткою біогену;
- 4-12,8 євроцента за 1 кВт/годину для паливних, включаючи електростанції енергії з біогенних відходів;
- 10-13 євроцентів за 1 кВт/годину для електростанцій рідкої біомаси;
- 10,3-16,5 євроцента за 1 кВт/годину для електростанцій біогазу;

- 3-6 євроцентів за 1 кВт/годину для електростанцій енергії зі стічних вод та газу зі звалищ.

Зазначені тарифи для нових електростанцій гарантувалися на період 13 років після початку функціонування електростанцій. Також для існуючих електростанцій було запроваджено підвищені тарифи в разі їх реструктуризації або поновлення (особливо для малих ГЕЦ).

Законом «Про зелену електроенергію» [32] від 2002 року було встановлено фіксований тариф за ВДЕ в розмірі 4,5 євроцента за 1 кВт/годину для енергетичних постачальників. При цьому зазначена вартість була вищою за середньоринкову (2,699 євроцента за 1 кВт/годину). Остаточна вартість покривалася за рахунок національного збору (диференціація тільки за типом (напругою) мережі), які виплачувались кінцевими споживачами. В цілому максимальне фінансове навантаження для кінцевих споживачів, які під'єднані до мережі, було лімітованим на рівні 0,22 євроцента за 1 кВт/годину (спожитих). Зазначені збори були такими:

- для ВДЕ: 0,143-0,204 євроцента за 1 кВт/годину (збір диференціюється залежно від типу (напруги) мережі*)
- для малих ГЕЦ: 0,005 євроцента за 1 кВт/годину;
- для СНР: 0.15 євроцентів за кВт годин.

На 2003 рік загалом на ВДЕ було виділено близько 53 035 млн євро та на малі ГЕЦ 149 157 млн євро.

Енергетична стратегія Австрії до 2020 та 2050 років, також, передбачає такі схеми стимулювання ВДЕ:

субсидіювання типу 1 (спорудження або модернізація малих та середніх ГЕЦ, умовою для модернізації є підвищення виробничої потужності мінімум на 15%, для кожного типу ГЕЦ. Залежно від потужності встановлюється пропорція покриття сумарних інвестиційних витрат);

- субсидіювання типу 2 (для фотоелектричних інсталяцій на будинки на додачу до пільгового тарифу виділяється інвестиційна субсидія до 40% інвестованих коштів залежно від потужності);

- субсидіювання типу 3 (для позамережевих інсталяцій на такі види енергії, як гідроенергія, енергія вітру, біогазу з метою самопостачання);
- субсидіювання типу 4 (для малих фотоелектричних інсталяцій нижче 5 кВт, ранжування субсидійованих виплат залежно від потужності інсталяцій);
- схеми підтримки систем опалення та охолодження з ВДЕ (інвестиційні пільги для сонячних термальних станцій, теплових насосів, геотермальних та ТЕС біомаси, підтримка передбачена на період 2009-2020 років, сума субсидіювання залежить від місця розташування апліканта та типу енергії).

Запроваджені схеми стимулювання дозволили Австрії у 2005 році досягти 24% ВДЕ у валовому кінцевому споживанні[28], що у перспективі дозволить на 2020 та 2050 роки досягти рівня 34% та 100% відповідно.

Різноманітність розглянутих схем стимулювання та підтримки ВДЕ дозволяє приватним інвесторам, індивідуальним споживачам та компаніям скоротити споживання первинної енергії та обирати тарифи або механізми підтримки використання альтернативних ВДЕ, що сприяє досягненню стратегічних цілей держави щодо частки споживання.

Швеція

Розвиток енергетики в Швеції керується Законом про інтегровану кліматичну та енергетичну стратегію (2008 р.), яким встановлено ряд доволі амбітних цілей.

Зокрема, планується досягти 50% ВДЕ[32] у валовому кінцевому споживанні енергії до 2020 р., відмовитися від викопних палив в транспортному секторі до 2030 р. й досягти повної декарбонізації до 2050 року(рис. 1.6).

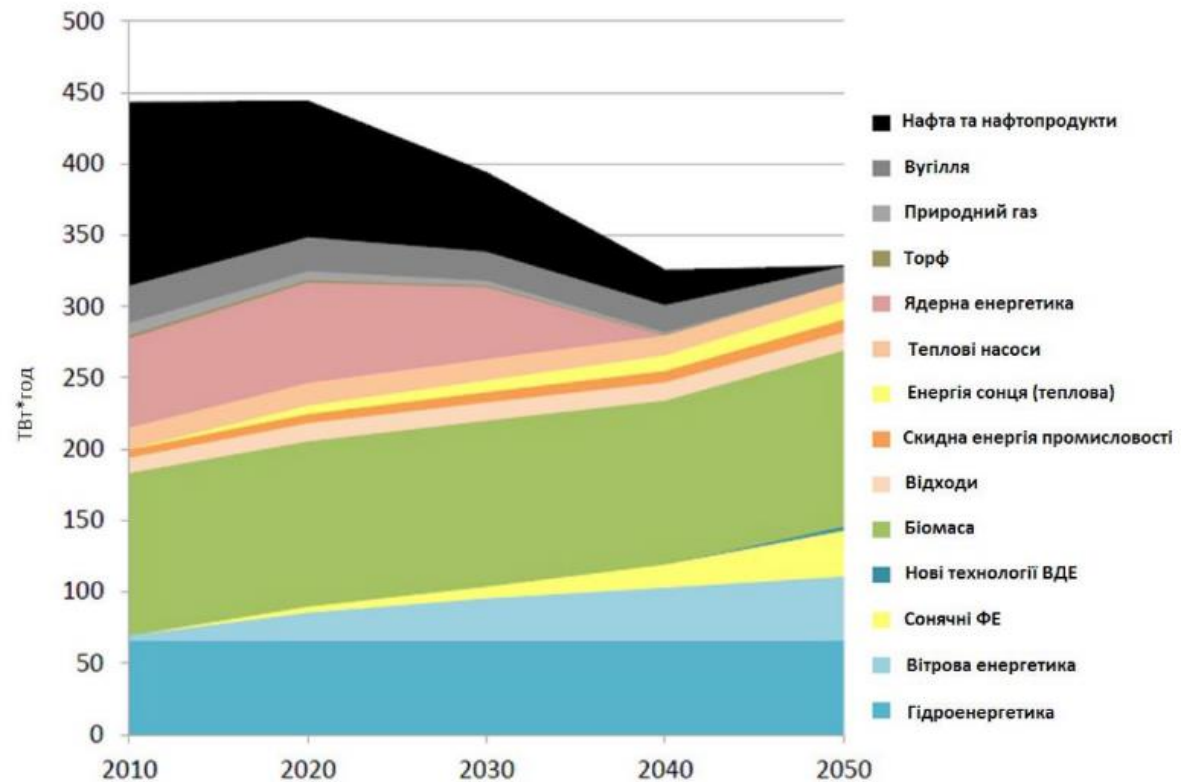


Рисунок 1.6 – Структура загального енергопостачання Швеції у 2010-2050 pp. згідно прогнозу IVL Swedish Environmental Research Institute[32]

Також у 2015 році урядом Швеції було прийнято за мету стати першою країною, яка повністю відмовиться від викопного палива (без зазначення конкретного терміну досягнення мети), але при цьому залишається використання атомної енергії в певному обсязі. Для реалізації плану по відмові від викопного палива виділено значні кошти на впровадження цілої низки заходів, зокрема, на розвиток сонячної електрогенерації, дослідження технологій зберігання електроенергії, створення «розумних» мереж, модернізацію житлових будівель та підвищення їх енергоефективності, впровадження ВДЕ на транспорті.

Данія

У 2011 році в Данії було прийнято Енергетичну стратегію до 2050 року, яка окреслила заходи для досягнення довгострокової мети – повної незалежності країни від викопних палив. Стратегія[32] також визначає нові коротко- та середньострокові заходи для виконання національних цілей 2020

року – 33% відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) у валовому кінцевому енергоспоживанні (що навіть перевищує офіційну ціль Данії як члена ЄС – 30%), 10% ВДЕ на транспорті та скорочення загального енергоспоживання на 6% у порівнянні з 2009 р. Данія поставила собі за мету увійти до першої трійки країн світу з точки зору успішності впровадження відновлюваних джерел енергії до 2020 року та стати однією з найбільш енергоефективних країн - членів Організації економічного співробітництва та розвитку також до 2020 року.

Швейцарія

Після аварії на атомній станції Фукусіма в Японії, урядами багатьох країн світу було ініційовано розгляд енергетичних стратегій цих країн. Уряд Швейцарії не є виключенням. Згідно прийнятої у листопаді 2013 року Енергетичної Стратегії до 2050 року[42], планується повністю відмовитися від використання атомних електростанцій. Для цього урядом були прийняті строки виведення з експлуатації державних атомних реакторів при досягненні ними 60 років. Щодо станцій приватної форми власності, то ще до прийняття офіційної програми вони заявили про економічно недоцільну модернізацію та подальшу експлуатацію атомних реакторів.

На підтримку цієї цілі уряд прийняв програму, яка передбачає підвищення тарифів на енергоносії для стимулювання скорочення кінцевого енергоспоживання на 16% у 2020 році та на 45% у 2035 році порівняно з 2010 роком. В зв'язку з підвищенням тарифів та відмовою від атомної енергетики урядом планується стимулювання розвитку відновлюваної енергетики за рахунок коштів, отриманих через різницю в тарифах. Також планується нарощування потенціалу виробництва в країні власних енергоносіїв. Так, станом на 2020 рік планується нарощування генерації електроенергії до 4400 ГВт·год та до 14500 ГВт·год у 2035 році. В офіційній енергетичній стратегії розглядається 3 сценарії: Бізнес як завжди, Програма уряду, Нова енергетична політика[32].

1.4 Аналіз нормативно-правового забезпечення розвитку ВДЕ

В Україні, як і в інших європейських країнах, діє система стимулювання розвитку відновлюваної енергетики. Ця система включає номіновані в євро «зелені» тарифи, диференційовані за типом та потужністю об'єктів, а також за строками введення в експлуатацію об'єктів енергетики. Держава зобов'язується купляти у станцій на ВДЕ електроенергію за «зеленим»[1] тарифом до 2030 року.

У 2014 році були відмінені пільгові умови[1] оподаткування підприємств ВДЕ, в тому числі:

- а) відміна пільгової ставки для сплати податку за земельні ділянки, що надані для розміщення об'єктів альтернативної енергетики.
- б) відміна звільнення від оподаткування 80% прибутку для підприємств, що продають на митній території України товари власного виробництва за переліком, встановленим постановою Кабінету Міністрів України:
 - 1. устаткування, що працює на відновлюваних джерелах енергії
 - 2. енергоефективне обладнання і матеріали, вироблені, експлуатація яких забезпечує економію та раціональне використання паливно-енергетичних ресурсів
 - 3. устаткування для виробництва альтернативних видів палива
- с) відміна тимчасових умов, що до 1 січня 2020 року звільняли від оподаткування:
 - 4. прибуток виробників біопалива, що отриманий від його продажу
 - 5. прибуток підприємств, отриманий ними від діяльності з одночасного виробництва електричної і теплової енергії та/або виробництва теплової енергії з використанням біологічних видів палива

6. прибуток виробників техніки, обладнання та устаткування (за переліком визначеним у статі 7 Закону України «Про альтернативні види палива»), що використовуються для виготовлення та реконструкції технічних і транспортних засобів, які використовують біологічні види палива (у т.ч. енергетичні установки), а також прибуток одержаний від продажу зазначених об'єктів
7. прибуток підприємств, отриманий від видобування та використання метану вугільних родовищ (відповідно до Закону України «Про газ (метан) вугільних родовищ»)
8. прибуток підприємств, що продають електричну енергію, вироблену з відновлюваних джерел енергії

Протягом 2014-2016 років відбулися зміни в законодавстві щодо забезпечення конкурентних умов[1] виробництва електроенергії з ВДЕ, в тому числі:

- тариф для великих СЕС за останні три роки зменшився майже у 4 рази – з 0,55 євро/кВт*г у 2014 році до 0,15 євро/кВт*г у 2017.
- було скасовано вимогу щодо місцевої складової, а натомість введено надбавку до зеленого тарифу в розмірі 5% та 10% за використання обладнання українського виробництва у розмірі 30% та 50% від загальної вартості проекту, відповідно. Надбавка встановлюється до 2030 року, але не поширюється на об'єкти електроенергетики, введені в експлуатацію після 2025 року.
- введено «зелений» тариф: для геотермальних електроустановок та для сонячних і вітрових електростанцій приватних домогосподарств потужністю до 30 кВт. «Зелений» тариф Дані про встановлені тарифи на електроенергію вироблену з ВДЕ наведені у таблиці 1.3.1

Таблиця 1.1 – Розмір зеленого тарифу залежно від обсягу та виду ВДЕ[1]

Вид електростанції		Тариф залежно від графіку введення в експлуатацію				
		2015	2016	2017 – 2019	2020 - 2024	2025 - 2029
		Єст/кВт*год	Єст/кВт*год	Єст/кВт*год	Єст/кВт*год	кон/кВт*год
ВЕС	<= 600 кВт	5,81	5,81	5,81	5,17	49,11
	600 – 2 000 кВт	6,78	6,78	6,78	6,03	57,29
	> 2 МВт	10,17	10,17	10,17	9,04	85,94
СЕС	На поверхні землі	16,96	16,00	15,02	13,51	130,37
	На дахах /фасадах будівель	18,04	17,23	16,37	14,75	142,06
Біоенергетичні станції		12,38	12,38	12,38	11,14	107,57
Геотермальні електростанції		15,02	15,02	15,02	13,51	130,37
ГЕС	<= 200 кВт	17,44	17,44	17,44	15,72	151,41
	200 – 1 000 кВт	13,94	13,94	13,94	12,54	121,01
	1 – 10 МВт	10,44	10,44	10,44	9,42	90,61
Електростанції домогосподарств	СЕС до 30 кВт	20,03	19,00	18,09	16,26	157,26
	ВЕС до 30 кВт	11,63	11,63	11,63	10,44	101,14

У зв'язку з продовженням строку дії тимчасових надзвичайних заходів на ринку електричної енергії України НКРЕКП тимчасово переглянула розміри «зелених» тарифів у бік зниження:

- у лютому «зелений» тариф був знижений на 10% для більшості ВДЕ, та на 20% — для наземних сонячних електростанцій, уведених в експлуатацію до 31 березня 2013 року включно;
- у березні «зелений» тариф був знижений до 50% для більшості ВДЕ, враховуючи вітроенергетику, та на 55% — для наземних сонячних електростанцій, уведених в експлуатацію до 31 березня 2013 року включно.

Фінансова відповідальність виробників альтернативної енергетики за небаланси. У законопроект «Про ринок електричної енергії» внесена норма,

що закріплює фінансову відповідальність виробників електроенергії з ВДЕ за небаланси постачання електроенергії у новій моделі ринку.

Збільшення вартості нестандартного приєднання. Постановою НКРЕКП "Про затвердження величин питомої вартості нестандартного приєднання електроустановок до електричних мереж на 2017 рік"[14] було підвищено вартість нестандартного приєднання потужностей до електромереж (від 160 кВт до 5 МВт) у 5-6 разів.

Висновки до розділу 1

В даному розділі проведено аналіз нормативно-правового забезпечення, щодо впровадження відновлювальних джерел енергії та аналіз сучасного стану розвитку відновлюваних джерел енергії в Україні та в країнах Європи. Наразі все більше країн світу ставлять собі за мету перехід на 50 і більше відсотків використання відновлюваних джерел енергії в енергетичному секторі.

Це пов'язано як з необхідністю підвищення рівня енергетичної безпеки, так і з задачею недопущення глобальної зміни клімату шляхом скорочення викидів вуглецю в атмосферу. Іншою тенденцією сьогодення є усвідомлення необхідності широкого впровадження енергоефективних заходів і включення їх до енергетичних стратегій.

Таким чином, незалежність від традиційних палив досягається двома шляхами — впровадженням відновлюваних джерел енергії та скороченням загального енергоспоживання.

2 МЕТОДИ ТА ПІДХОДИ РОЗРАХУНКУ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ЛОКАЛЬНОГО ОБ'ЄКТУ

2.1 Аналіз існуючих підходів щодо розрахунку параметрів геліосистеми

2.1.1 Визначення сонячного потенціалу місцевості

Для розрахунку наявної кількості сонячної енергії, яка потрапляє на поверхню СК, необхідно знати кути падіння сонячних променів на горизонтальну поверхню в даному місці та в кожний момент часу.

Положення деякої точки А на земній поверхні відносно сонячних променів в даний момент часу визначається трьома основними кутами – широтою місця положення точки φ , годинним кутом ω і схиленням Сонця δ (рис. 3). Широта φ - це кут між лінією, що з'єднує точку А з центром Землі О, та її проекцією на площину екватора. Годинний кут ω - це кут, що вимірюється в екваторіальній площині між проекцією лінії ОА та проекцією лінії, що з'єднує центри Землі та Сонця. В сонячний полудень $\omega=0$, а 1 година відповідає 15° . Схилення Сонця δ - це кут між лінією, що з'єднує центри Землі та Сонця, та її проекцією на площину екватора (рисунок. 2.1).

Схилення Сонця δ протягом року безперервно змінюється від $-23^027'$ в день зимового сонцестояння 22 грудня до $+23^027'$ в день літнього сонцестояння 22 червня і дорівнює нулю в дні весіннього й осіннього рівнодення (21 березня та 23 вересня).

Схилення Сонця в певний день визначається за формулою:

$$\delta = 23,45 \sin\left(360 \frac{284 + n}{365}\right), \quad (1)$$

де n - порядковий номер дня, відрахований від 1 січня. В якості n звичайно береться номер середнього розрахункового дня місяця для I - XII місяців року.

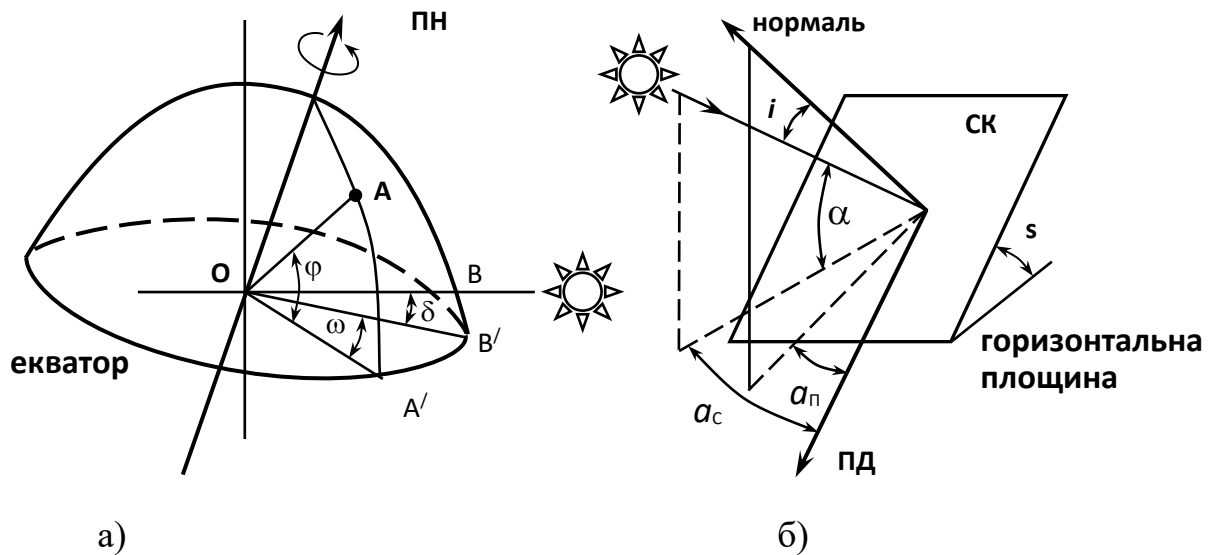


Рисунок. 2.1. Кути, які характеризують положення точки на земній поверхні (а) і похилої поверхні колектору відносно сонячних променів (б). φ - широта місцевості; ω - годинний кут; i - кут падіння сонячних променів на похилу поверхню СК; δ - схилення Сонця; α_n - азимут похилої поверхні; α - кут висоти Сонця; α_c - азимут Сонця; s – кут нахилу поверхні СК.

Дані для φ та δ для середнього дня I - XII місяців наведені в табл.2.1.

Теплова потужність сонячної установки, розташованої в певній місцевості на широті φ , залежить від теплового потоку, який складається з прямого H_B та розсіяного H_D сонячного випромінювання, що поступає на горизонтальну площину. Сонячна радіація визначається з кліматичних довідників або з табл. 2.1.

Таблиця 2.1

місяць	січень	лютий	березень	квітень	травень	червень
φ	17	47	75	105	135	162
δ , град	-20,9	-13	-2,4	9,4	18,8	23,1

Продовження таблиці 2.1

місяць	липень	серпень	вересень	жовтень	листопад	грудень
n	198	228	258	288	318	344
δ , град	21,2	13,5	2,2	-9,6	-18,9	-23

Величина питомої теплової енергії q_i , Вт·год/м², що надходить на 1 м² похилої поверхні сонячного колектора за i -ту годину безхмарного дня, визначається за формулою [2]:

$$q_i = H_B \frac{\cos(\varphi - s) \cos \delta \cos \omega + \sin(\varphi - s) \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta \cos \omega + \sin \varphi \sin \delta} + H_D = H_B \cdot R_B + H_D, \quad (2)$$

де H_B і H_D – питомі теплові потоки, Вт/м², прямого та розсіяного сонячного випромінювання, що падає на горизонтальну поверхню на широті населеного пункту при безхмарному небі і розраховується за даними табл. Д1. R_B – коефіцієнт перерахунку прямої сонячної радіації на похилу поверхню з південною орієнтацією. s – кут нахилу поверхні сонячного колектору до горизонту. Годинний кут ω дорівнює нулю в полудень для колекторів орієнтованих на південь; через кожен годину значення годинного кута змінюється на 15° зі знаком плюс від 12 годин до ранку або мінус від 12 годин до вечора. Наприклад, в 11 годин $\omega = +15^\circ$, а в 13 годин $\omega = -15^\circ$.

При розрахунках за формулою (3) треба враховувати тільки ті значення, які задовольняють умовам:

$$\omega < 90^\circ; \quad \omega < \omega_{C(3)} = \arccos(-\operatorname{tg}(\varphi - s) \cdot \operatorname{tg} \delta); \quad R_B > 0, \quad (3)$$

де $\omega_{C(3)}$ – годинний кут сходу (заходу) сонця на похилу поверхню.

Питомий тепловий потік q'_i , Вт·год/м², що надходить на 1 м² похилої поверхні сонячного колектора за i -ту годину за реальних умов хмарності та втрат теплоти, визначається за рівнянням:

$$q'_i = q_i \cdot \eta_0 \cdot \eta_1, \quad (4)$$

де η_0 - коефіцієнт, що враховує реальні умови хмарності, який можна розрахувати за формулою:

$$\eta_0 = \frac{\sum H_p}{\sum (H_B + H_D)}, \quad (5)$$

де ΣH_p – сумарна енергія прямого та розсіяного сонячного випромінювання, що падає на горизонтальну поверхню в населеному пункті за добу за реальних умов хмарності. Величина ΣH_p наведена в кліматологічних довідниках [5,6].

$\Sigma(H_B + H_D)$ – сумарна енергія прямого та розсіяного сонячного випромінювання;

η_1 – коефіцієнт, що враховує ступінь прозорості атмосфери, величина його коливається від 0,8 в промислових районах до 1 в курортній зоні. Для гірських курортів $\eta_1 = 1,1$.

Коефіцієнти η_0 для деяких міст України, розраховані за формулою 7, наведені в табл. Д2.

Питомий тепловий потік q_i^K , Вт·год/м², що корисно використовується в системі гарячого водопостачання щогодини за реальних умов хмарності та втрат теплоти, визначається за формулою:

$$q_i^K = q_i' \cdot \eta_K \cdot \eta_3 = q_i \cdot \eta_0 \cdot \eta_K \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \quad (6)$$

де η_2 - коефіцієнт, що враховує втрати, обумовлені нестационарним теплообміном при змінній хмарності. Рекомендується приймати $\eta_2 = 0,9$.

η_3 – коефіцієнт, що враховує втрати теплоти від сонячного колектора до споживача. Величина цього коефіцієнта приймається 0,85 для централізованих систем гарячого водопостачання, а для локальних водонагрівачів - 0,98.

η_K - коефіцієнт корисної дії сонячного колектора, який залежить від його конструкції.

Дані про залежність $\eta_K = f(t_K - t_0)$ повинні повідомлятися виробником сонячного колектору, де t_K - температура підігрітої в колекторі води, а t_0 -

температура оточуючого колектор повітря. При відсутності цих даних рекомендується використовувати графіки рис.2.1 або в діапазоні різниці температур 20 - 55 °С для плоского колектора визначати з залежності:

$$\eta_k = 0,82 - 0,007 (t_k - t_o). \quad (7)$$

Температура t_k визначається проектом і зазвичай приймається рівною 55 °С.

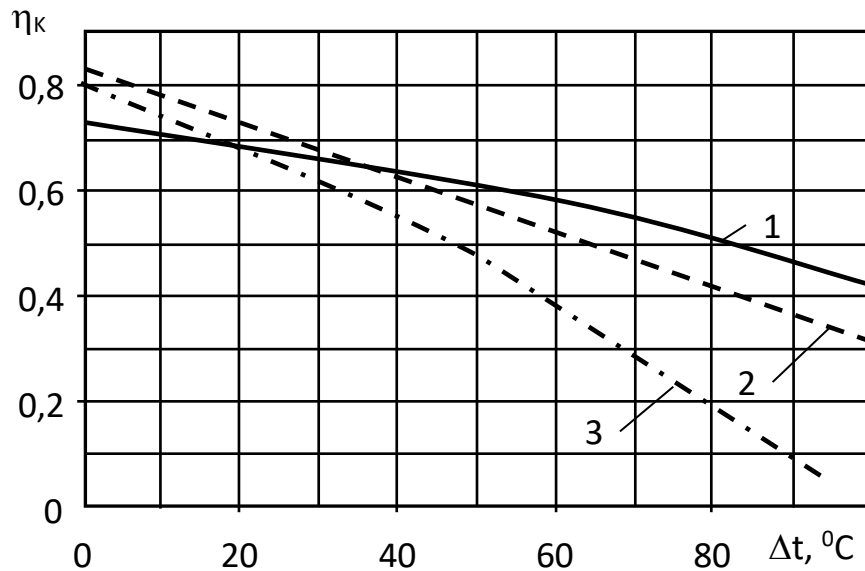


Рисунок 2.1. Залежність ККД сонячних колекторів від різниці температур нагрітої води та навколишнього повітря:

1 – вакуумний трубчастий СК; 2 – плоский СК з селективним покриттям; 3 – плоский СК.

Температура t_o - це середньоденна температура атмосферного повітря розрахункового місяця, яка визначається за формулою:

$$t_o = t_{cp} + 0,3 \cdot A_t, \quad (8)$$

де t_{cp} та A_t - середньодобова температура повітря та максимальна амплітуда коливань добових температур розрахункового місяця, приймаються за нормами [6]. Максимальна амплітуда температури повітря – різниця між максимальним і мінімальним значеннями температури повітря протягом доби за багатолітній період.

Температури t_0 для деяких міст України, які розраховані за формулою (10), наведені в табл.

Площа A , m^2 , сонячних колекторів визначається за формулою:

$$A = \beta \frac{Q_{ГВП}^D}{\left(\sum_i q_i^K \right)^{max}}, \quad (9)$$

де β - коефіцієнт інвестора, величина якого планується в залежності від бажаного ступеню заміщення сонячною енергією традиційних енергоносіїв, $0,5 < \beta < 1,0$;

$\left(\sum_i q_i^K \right)^{max}$, (Вт·год)/(m^2 доба) – сума добових значень питомої енергії випромінювання, розрахованих за формулою (7) у самому теплому місяці періоду, протягом якого повинен працювати сонячний водопідігрівач.

Об'єм бака-акумулятора V , m^3 , визначається за добовими графіками підігріву води в установці й водоспоживання, а при їх відсутності – в залежності від кліматичного району за формулою [8]:

$$V = (0,06 \dots 0,08) A. \quad (10)$$

Приймають більше значення для IV кліматичного району рис.5.

Кількість теплової енергії W_j^M , (кВт·год)/місяць, виробленої сонячним водопідігрівачем, розраховується окремо для кожного j - го місяця роботи за формулою:

$$W_j^M = 10^{-3} \cdot z_j \cdot \sum_i q_i^K \cdot A, \quad (11)$$

де z_j – кількість днів у j - ому місяці; A - площа, m^2 , встановлених сонячних колекторів.

Річне виробництво теплоти W^{PIK} , (кВт·год)/рік, в сонячній установці визначається як сумарна кількість теплової енергії, що виробляється в кожному j -ому місяці:

$$W^{\text{PIK}} = \sum_j^n W_j^{\text{M}}, \quad (12)$$

$\sum_i q_i^K$ – сума добових значень питомої енергії випромінювання, розрахованих за формулою (6) для j -го місяця;

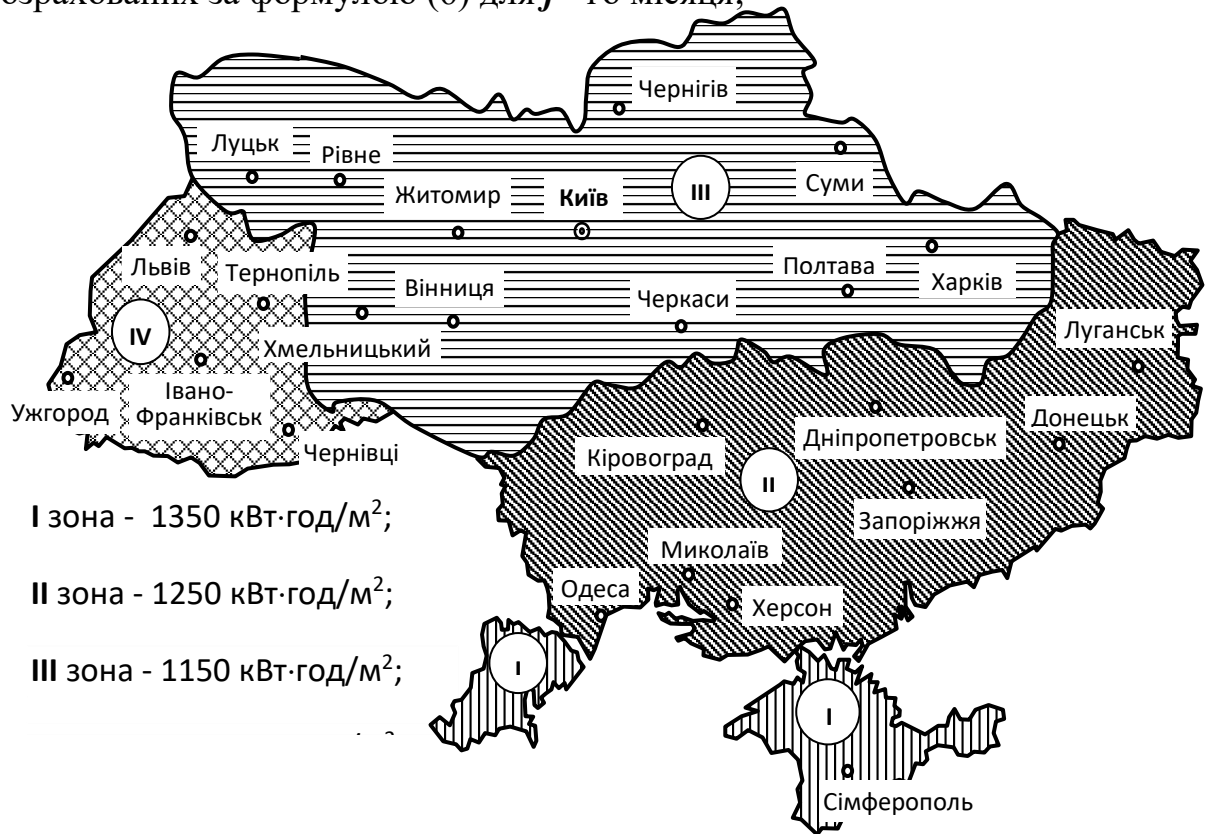


Рисунок.2.3 - Інтенсивність сонячного випромінювання на території України.

Річне виробництво теплоти W^{PIK} , (кВт·год)/рік, в сонячній установці визначається як сумарна кількість теплової енергії, що виробляється в кожному j -ому місяці:

$$W^{\text{PIK}} = \sum_j^n W_j^{\text{M}}, \quad (13)$$

де n - період роботи сонячної установки, місяців.

Питоме виробництво теплової енергії, віднесене до 1 м² сонячного колектора, складає:

$$w = \frac{W^{PIK}}{A} . \quad (14)$$

2.1.2 Розрахунок ступеня заміщення традиційного палива

При проектуванні систем ГВП з використанням сонячних колекторів необхідно виходити з того, що економічно доцільно покривати за рахунок сонячної енергії лише певну частку f_{PIK} річного теплового навантаження Q^{PIK} , а іншу її частину, а саме $(1 - f_{PIK}) Q^{PIK}$, повинно забезпечувати резервне (додаткове) джерело енергії. Величина f_{PIK} залежить від характеристик геліосистеми та кліматичних даних, а також від вартості системи та палива, але зазвичай вона не перевищує 0,5, а для сезонних установок може досягати 0,75 та більше (за сезон).

Коефіцієнт заміщення можна обчислити за декількома методиками: за методикою Харченко [8], Даффі [9] та за допомогою програмного забезпечення.

Ступінь заміщення теплового навантаження за певний період можна визначити з рівняння:

$$f = \frac{Q_H - Q_{ДЖ}}{Q_H} = \frac{W}{Q_H} , \quad (15)$$

де W - теплопродуктивність сонячної установки за певний період;

Q_H - сума навантажень опалення та гарячого водопостачання за певний період; $Q_{ДЖ}$ - загальна місячна кількість енергії отриманої від дублюючого джерела за певний період.

Вважаємо, що в рівнянні (16) втрати теплоти в баку-акумуляторі у порівнянні з W , Q_H і $Q_{ДЖ}$ невеликі і дорівнюють нулю.

За методикою Харченко місячна частка сонячної енергії (ступінь заміщення палива) f^M в покритті навантаження на ГВП для житлових будинків обчислюється за формулою:

$$f^M = \frac{W^M}{Q_H^M} = \frac{(Q_H^M - Q_{ДЖ}^M)}{Q_H^M} = 1 - \frac{Q_{ДЖ}^M}{Q_H^M}, \quad (16)$$

де $Q_H^M = Q_{ГВП}^M = Q^D \cdot z_j$ – місячне теплове навантаження на ГВП;

W^M та $Q_{ДЖ}^M$ – місячна кількість теплової енергії, яка забезпечується сонячною установкою та додатковим джерелом енергії.

Річна частка сонячної енергії f^{PIK} в покритті навантаження визначається:

$$f^{PIK} = \frac{\sum_1^n (W^M)_j}{\sum_1^n (Q_H^M)_j} = \frac{\sum_1^n (f_j \cdot (Q_H^M)_j)}{\sum_1^n (Q_H^M)_j}. \quad (17)$$

Зменшення річної витрати традиційного палива B , кг/рік (m^3 /рік), при використанні сонячного колектора знаходять з рівняння:

$$B = \frac{\sum_1^n (f_j \cdot (Q_H^M)_j)}{Q_H^P \cdot \eta_{TG}}, \quad (18)$$

де Q_H^P – нижча теплота згоряння палива (масова або об'ємна);

η_{TG} – коефіцієнт корисної дії теплогенератора (котла).

Розглянемо визначення коефіцієнту заміщення f за методикою [8].

Метод враховує середньомісячні значення метеорологічних параметрів і може бути використаний для визначення довгострокових теплових характеристик ССТ в залежності від основних конструктивних параметрів цієї системи.

Корисна енергія Q_K , яка відводиться з колектора в даний момент часу – це різниця кількості сонячної енергії, поглиненої пластиною колектора, і

кількості енергії, що втрачається в оточуюче середовище. Рівняння для розрахунку плоского колектора має вигляд:

$$Q_K = A F_R \left[I_T (\tau\alpha)_n - U_L (t_P^{Bx} - t_{HC}) \right], \quad (19)$$

де A - площа сонячного колектора, м^2 ; F_R - коефіцієнт відведення теплоти від колектора; I_T - густина потоку сумарної сонячної радіації у площині колектору, $\text{Вт}/\text{м}^2$; τ - пропускну здатність прозорих покриттів по відношенню до сонячного випромінювання; α - поглинальна здатність пластини колектора по відношенню до сонячного випромінювання; $(\tau\alpha)_n$ - оптичний ККД сонячного колектора, визначений з досліджень при надходженні сонячної радіації по нормалі до поверхні колектора; U_L - повний коефіцієнт теплових втрат колектора, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$; t_P^{Bx} - температура рідини на вході у колектор, $^\circ\text{C}$; t_{HC} - температура навколишнього середовища, $^\circ\text{C}$.

Сонячна радіація, яка падає на колектор, в будь-який момент часу складається з трьох частин: прямої радіації, дифузної радіації і радіації, відбитої від землі або оточуючих предметів, кількість якої залежить від кута нахилу колектора до горизонту і характеристик цих предметів. Пряма сонячна радіація являє собою пучок майже паралельних променів, які не зазнають зміни напрямку при проходженні крізь атмосферу. Дифузна сонячна радіація надходить на поверхню Землі з різних напрямків.

В рівнянні (20) добуток повного коефіцієнта втрат U_L і різниці температур $(t_P^{Bx} - t_{HC})$ являє собою втрати теплоти від поглинальної пластини за умови, що її температура всюди дорівнює температурі рідини на вході. При нагріванні рідини пластина колектора має більш високу температуру, ніж температура рідини на вході, що є необхідною умовою переносу теплоти від пластини до рідини, тому фактичні втрати теплоти від

колектора більші значення добутку $U_L(t_P^{Bx} - t_{HC})$. Різниця втрат враховується за допомогою коефіцієнта відведення теплоти F_R .

Повний коефіцієнт втрат U_L дорівнює сумі коефіцієнтів втрат крізь прозору ізоляцію, днище і бічні стінки. Для колектора сума останніх двох коефіцієнтів складає приблизно 0,5 – 0,75 Вт/(м² К). Коефіцієнт втрат крізь прозору ізоляцію залежить від температури поглинальної пластини, кількості і матеріалу прозорих покриттів, ступеня чорноти пластини в інфрачервоній частині спектру, температури оточуючого середовища і швидкості вітру.

Коефіцієнт відведення теплоти F_R дорівнює відношенню фактичної корисної енергії, коли температура рідини в колекторі збільшується у напрямку потоку, до корисної енергії, коли температура всієї поглинальної пластини дорівнює температурі рідини на вході. Цей коефіцієнт залежить від витрати рідини через колектор і конструкції поглинальної пластини (товщини, властивостей матеріалу, відстані між трубками і т.п.) і майже не залежить від інтенсивності сонячної радіації і температур поглинальної пластини і оточуючого середовища.

Основні характеристики сонячних колекторів визначаються в результаті випробувань за стандартною методикою на експериментальному стенді в стаціонарних умовах, які повинні відповідати реальним умовам роботи колектора. В процесі досліджень заміряють густину потоку падаючої сонячної радіації I_T , температуру зовнішнього повітря t_{HC} , витрату G і температуру рідини на вході t_P^{Bx} і виході t_P^{Bux} з колектора та розраховують корисну енергію з рівняння:

$$Q_K = A \cdot G \cdot c_P (t_P^{Bux} - t_P^{Bx}), \quad (20)$$

де G – масова витрата на 1 м² площі колектора;

c_P – теплоємність рідини.

За результатами досліджень визначається ефективність колектора

$$\eta = \frac{Q_K}{A \cdot I_T} \quad (21)$$

Результати випробувань краще всього представити у вигляді графіка залежності миттєвої ефективності колектора від параметра $\chi = \frac{t_P^{Bx} - t_{HC}}{I_T}$ (рис. 2.4). В основі такої форми представлення дослідних даних лежить рівняння (20). Якщо поділити обидві частини цього рівняння на $I_T A$, отримаємо наступний вираз ефективності колектора

$$\eta = \frac{Q_K}{I_T A} = F_R(\tau\alpha)_n - F_R U_L \frac{(t_P^{Bx} - t_{HC})}{I_T} \quad (22)$$

За умови $U_L = \text{const}$ залежність ефективності колектора від параметра $\chi = \frac{t_P^{Bx} - t_{HC}}{I_T}$ лінійна. При цьому значення $F_R(\tau\alpha)_n$ - це ордината точки перетину прямої даного колектора з вертикальною віссю, а $F_R U_L$ дорівнює від'ємному значенню кутового коефіцієнта прямої.

При відсутності результатів досліджень колектора певного виробника значення $F_R U_L$ і $F_R(\tau\alpha)_n$ можна оцінювати з рис.6.

В місцевості, де можливе замерзання рідини в колекторі, сонячні установки часто виконують двоконтурними з проміжним теплообмінником, який розташований в баку-акумуляторі (див. рис. 1). При цьому в контурі колектора використовують розчин антифризу, а в контурі акумулятора – воду. Хоча цей теплообмінник не є частиною колектора, доцільно ввести поняття ефективного коефіцієнта відведення теплоти F_R' , підстановка якого в рівняння (20) замість F_R дозволяє розрахувати характеристики колектора з урахуванням впливу теплообмінника. $\frac{F_R'}{F_R}$ - поправочний коефіцієнт, який враховує вплив теплообмінника. Він приймає значення від 0 до 1 та

характеризує зменшення корисної енергії колектора за рахунок застосування(рис. 2.4).

Значення поправочного коефіцієнта $\frac{F'_R}{F_R}$ визначають в залежності від параметрів колектора, масових витрат в теплообміннику та його ефективності ε_C :

$$\frac{F'_R}{F_R} = \left[1 + \left(\frac{A F_R U_L}{(G c_p)_K} \right) \left(\frac{(G c_p)_K}{\varepsilon_C C_{MIN}} - 1 \right) \right]^{-1}, \quad (23)$$

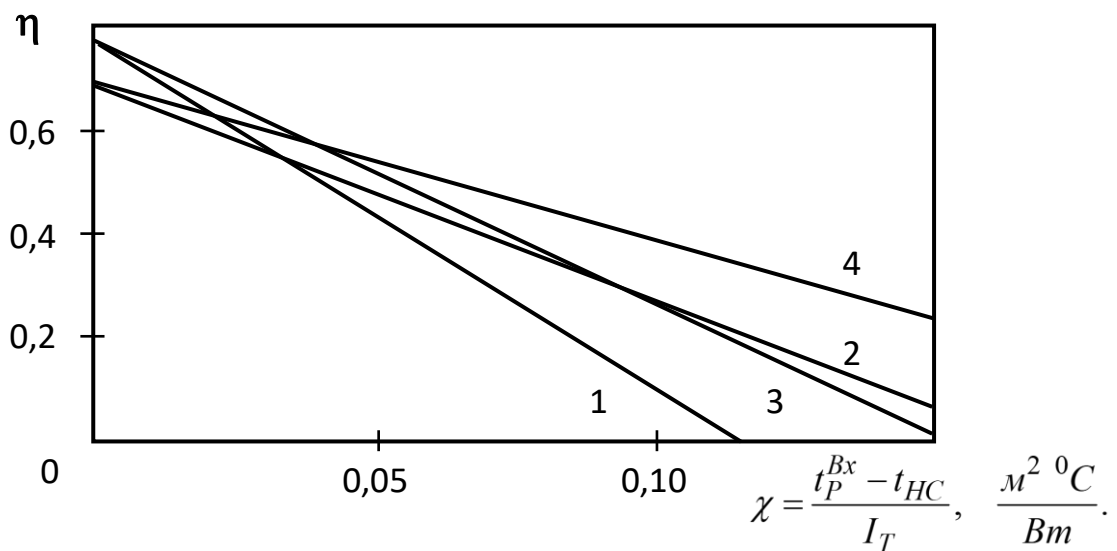


Рис.2.4. Ефективність колекторів різного типу з рідинним теплоносієм.

1 - з одним прозорим покриттям та матово-чорною поглинальною поверхнею; 2 - з двома прозорими покриттями та неселективною поглинальною поверхнею; 3 - з одним прозорим покриттям та селективною поглинальною поверхнею; 4 - з двома прозорими покриттями та селективною поглинальною поверхнею.

Фізичний зміст коефіцієнта $\frac{F'_R}{F_R}$ полягає у тому, що його величина визначає розмір компенсації за створення окремого циркуляційного контуру

для відведення теплоти з колекторів. Наприклад: при $\frac{F'_R}{F_R} = 0,97$ площа сонячних колекторів двоконтурної установки повинна бути на 3% більше, ніж аналогічної одноконтурної установки, щоб забезпечити ту ж саму кількість корисної енергії.

Фізичний зміст коефіцієнта $\frac{F'_R}{F_R}$ полягає у тому, що його величина визначає розмір компенсації за створення окремого циркуляційного контуру

для відведення теплоти з колекторів. Наприклад: при $\frac{F'_R}{F_R} = 0,97$ площа сонячних колекторів двоконтурної установки повинна бути на 3% більше, ніж аналогічної одноконтурної установки, щоб забезпечити ту ж саму кількість корисної енергії.

Фізичний зміст коефіцієнта $\frac{F'_R}{F_R}$ полягає у тому, що його величина визначає розмір компенсації за створення окремого циркуляційного контуру

для відведення теплоти з колекторів. Наприклад: при $\frac{F'_R}{F_R} = 0,97$ площа сонячних колекторів двоконтурної установки повинна бути на 3% більше, ніж аналогічної одноконтурної установки, щоб забезпечити ту ж саму кількість корисної енергії.

$(G_{cP})_K$ - водяний еквівалент теплоносія контуру колектора;

$C_{MIN} = (G_{cP})_{MIN}$ - менший з двох водяних еквівалентів у теплообміннику.

За методикою [9], коефіцієнт заміщення f емпірично можна пов'язати з двома безрозмірними комплексами:

$$X = \frac{A F'_R U_L (100 - \bar{t}_{HC}) \Delta \theta}{Q_H^M}, \quad (24)$$

$$Y = \frac{A F'_R (\overline{\tau \alpha}) \bar{H}_T z_j}{Q_H^M}, \quad (25)$$

де $\Delta\theta$ - число секунд в місяці;

100 - базисна температура, $^{\circ}\text{C}$;

$\bar{t}_{НС}$ - середньомісячна температура навколишнього середовища, $^{\circ}\text{C}$;

\bar{H}_T - середньомісячний денний прихід сумарної сонячної радіації на похилу поверхню колектора, $\text{Дж}/(\text{м}^2 \text{ доба})$:

$$\bar{H}_T = 3,6 \cdot 10^3 \sum_i q_i', \quad (26)$$

z_j - число днів в місяці;

$(\overline{\tau\alpha})$ - середньомісячний оптичний ККД сонячного колектора (приведена поглинальна здатність).

Якщо масові витрати рідин у теплообміннику однакові, то C_{MIN} розраховують по потоку рідини у контурі колектора, так як теплоємність розчину антифризу менша за теплоємність чистої води. Залежність коефіцієнта F_R'/F_R від параметрів $(G \cdot c_P)_K / (F_R \cdot U_L)$ та $\varepsilon_C \cdot C_{MIN} / (A \cdot G \cdot c_P)_K$ показана на рис. 2.5.

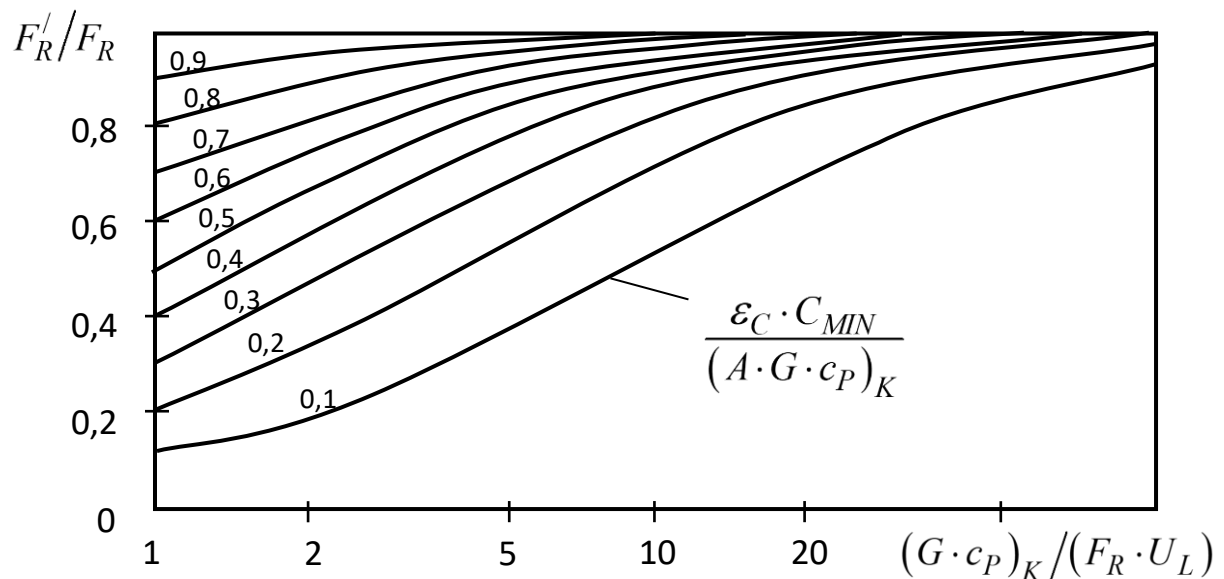


Рис. 2.5. Поправочний коефіцієнт, який враховує вплив теплообмінника бака-аккумулятора на відведення теплоти з колектора.

Безрозмірні комплекси X та Y мають певний фізичний зміст: Y можна трактувати як відношення кількості енергії, яка поглинається колектором протягом місяця, до повного місячного теплового навантаження; X - відношення місячних теплових втрат колектора при базисній температурі до повного місячного теплового навантаження.

Для зручності розрахунків значень X та Y формули (27) та (28) можна записати в іншому вигляді:

$$X = \frac{A F_R U_L \left(\frac{F'_R}{F_R} \right) (100 - \bar{t}_{HC}) \Delta \theta}{Q_H^M}, \quad (27)$$

$$Y = \frac{A F_R (\tau\alpha)_n \left(\frac{F'_R}{F_R} \right) \left[\frac{(\overline{\tau\alpha})}{(\tau\alpha)_n} \right] \bar{H}_T z_j}{Q_H^M}, \quad (28)$$

де $\frac{(\overline{\tau\alpha})}{(\tau\alpha)_n}$ - коефіцієнт, який враховує орієнтацію поверхні колектора.

Якщо кут нахилу СК до горизонту знаходиться в проміжку між $(\varphi - 15^\circ, \varphi + 15^\circ)$, а його орієнтація відмінна від південної не більше ніж на 15° , то

коефіцієнт $\frac{(\overline{\tau\alpha})}{(\tau\alpha)_n}$ для всіх місяців опалювального сезону дорівнює 0,96 для колекторів з одинарним склінням або 0,94 – з подвійним склінням. Для більш точного визначення даного коефіцієнта застосовується методика [4].

Якщо теплове навантаження $Q_H^M = Q_{ГВП}^M$ складається тільки з навантаження на ГВП, то наведена методика має бути скорегована введенням поправочних коефіцієнтів (рис 2.6).

Тому, якщо місячні значення X помножити на поправочний коефіцієнт, то даний метод використовується для визначення місячних значень f для системи сонячного гарячого водопостачання. Поправочний коефіцієнт для системи гарячого постачання дорівнює:

$$\frac{X_{CK}}{X} = \frac{11,6 + 1,18 \cdot t_{ГВ} + 3,86 \cdot t_{ХВ} - 2,32 \cdot t_{НС}}{100 - t_{НС}} \quad (29)$$

Залежність між X , Y та f можна представити у графічному вигляді (рис.8) або наступним рівнянням:

$$f = 1,029Y - 0,065X - 0,245Y^2 + 0,0018X^2 + 0,0215Y^3, \quad (30)$$

де $0 < Y < 3$ та $0 < X < 18$.

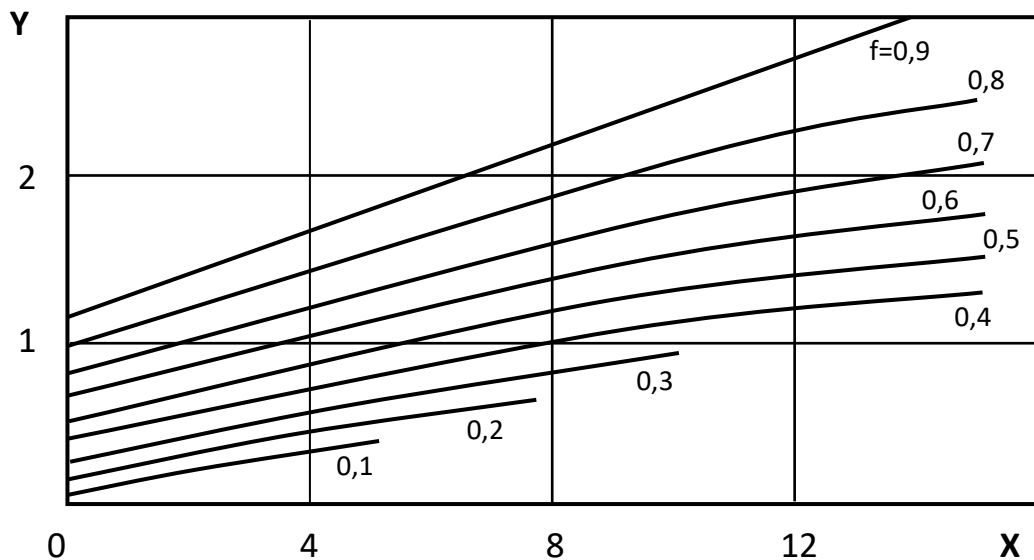


Рисунок 2.6. Визначення коефіцієнта заміщення f для сонячної установки з рідким теплоносієм.

Іншим способом розрахунку значення коефіцієнту заміщення є застосування програмного забезпечення RETScreen [11]. Основним призначенням цієї програми є енергетичний, техніко-економічний і екологічний аналіз проектів з використанням чистої енергії: пасивного сонячного опалення, малих ГЕС, комбінованого виробництва теплоти та електроенергії, опалення з використанням біомаси, повітряного сонячного опалення, водяного сонячного опалення і т.п.

2.2 Аналіз існуючих підходів щодо використання енергії з низькопотенціальних джерел

Одним з напрямків енергозбереження та захисту навколишнього природного середовища є освоєння нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії, зокрема низькопотенціальної теплоти ґрунту, використання якої - за допомогою теплових насосів (ТН) - дозволить частково відмовитися від газу і інших викопних палив, а також скоротити викиди CO₂ в атмосферу.

Широке поширення отримали ТН з вертилокальними ґрунтовими теплообмінниками (ВГТО), які представляють собою поліетиленові труби, розташовані в свердловинах глибиною до 300 м. Простір між трубами заповнюється спеціальним теплопровідним розчином. Теплоносій ґрунтового контуру нагрівається в ВГТО і передає свою теплоту в випарнику ТН киплячого холодоагенту, пар якого конденсується після стиснення в компресорі в конденсаторі. Цей процес супроводжується відведенням виділяється тепловій енергії споживачу.

Парокомпресійні теплові насоси конструктивно аналогічні давно відомим холодильним машин. Термодинамічні відмінності тільки в інтервалі робочих температур випаровування і конденсації робочих агентів.

Основні елементи парокомпресійних теплових насосів - компресор, випарник, конденсатор, терморегулюючий клапан і мікропроцесора, керуючий режимом роботи теплових насосів (рис.2.7).

Співвідношення між параметрами енергетичних потоків в формулі:

$$Q_K = Q_0 + Q_{эл}; \quad \varepsilon = Q_K / Q_{эл}; \quad (31)$$

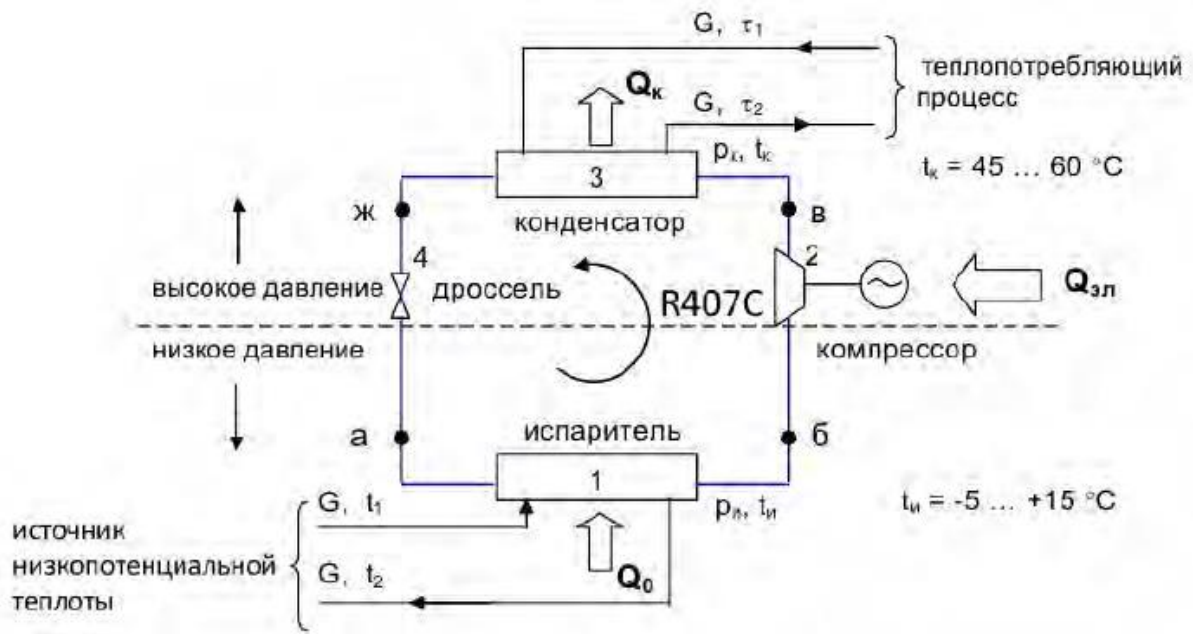


Рисунок - 2.7. Спрощена схема парокомпресійного теплового насосу

З наведених співвідношень випливає, що кількість теплової енергії, виробленої тепловим насосом Q_k , дорівнює сумі кількості теплоти, забирається в випарнику від джерела природного теплоти або вторинного енергетичного ресурсу Q_0 і теплового еквівалента електричної енергії, що витрачається на привід компресора $Q_{эл}$. Ставлення $Q_k / Q_{эл}$, є коефіцієнт трансформації низкопотенціальної теплоти або коефіцієнт перетворення теплового насоса ε , який характеризує енергетичну ефективність його роботи.

Значення ε залежить від температури теплоносія на вході у випарник і температури теплоносія на виході конденсатора. ці залежності в інтервалі розрахункових температур наведені на рис. 2.8, з яких випливає - чим менше різниця цих температур, тим більше значення $\varepsilon_{розр.}$, А отже, і вище енергетична ефективність теплових насосів.

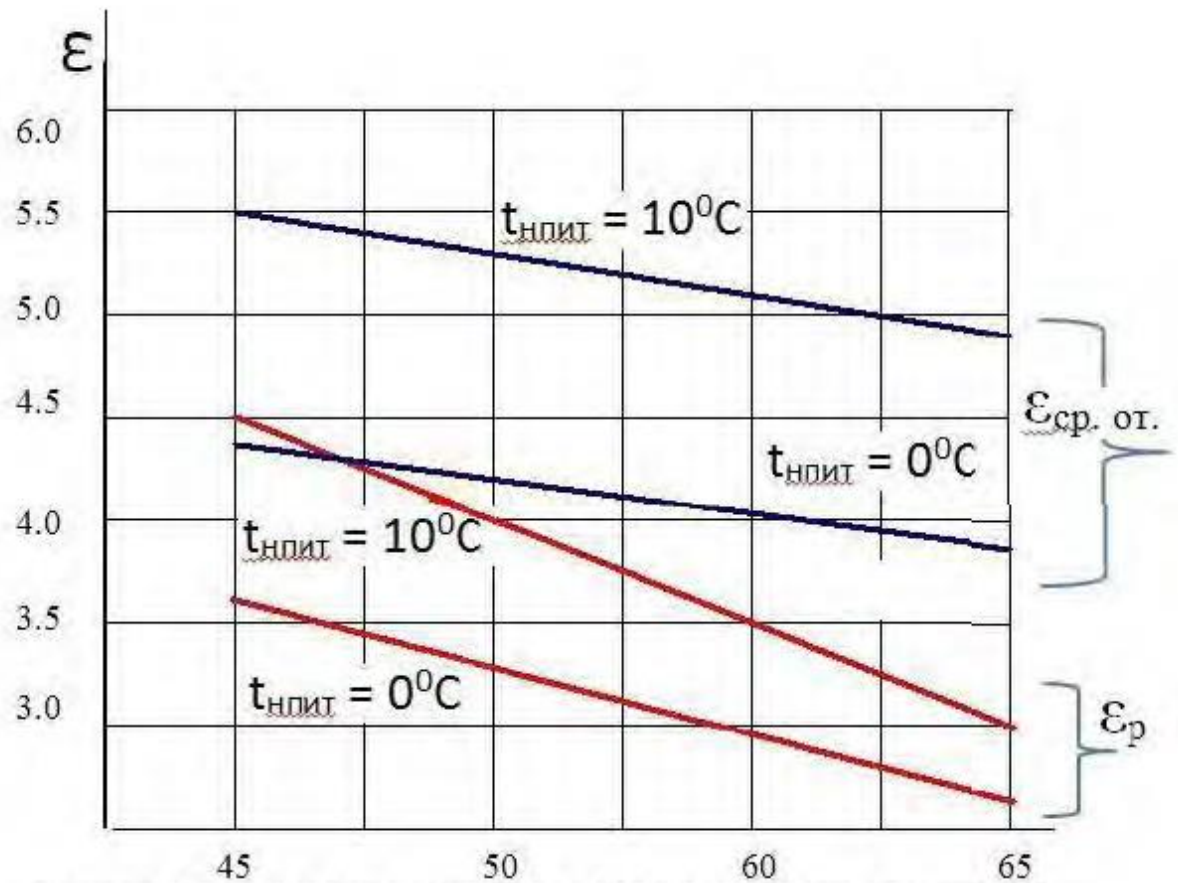


Рисунок - 2.8. Залежність значень ϵ від значень температури теплоносіїв на вході в випарник і виході з конденсатора

Значення коефіцієнта перетворення теплових насосів при роботі за опалювальний період або рік при змінюються температурах теплоносіїв ($\epsilon_{\text{ср.}}$) розраховується за виразом

$$\epsilon_{\text{ср.}} = \sum \epsilon_i \cdot Q_i / \sum Q_i, \quad (32)$$

де ϵ_i - коефіцієнт перетворення теплових насосів в i -й інтервал роботи теплового насоса; Q_i - кількість теплоти, виробленої за i -тий інтервал роботи.

При визначенні $\epsilon_{\text{ср}}$ потрібно враховувати, що вироблення теплоти для покриття опалювального навантаження здійснюється за графіком якісного регулювання, тобто зі зниженням температури теплоносія при зниженні навантаження. Саме значення $\epsilon_{\text{ср}}$ слід застосовувати при оцінці енергетичних показників теплопостачання від теплових насосів.

На рис.2.8 також показані результати розрахунків $\epsilon_{\text{ср.от.}}$ при роботі теплового насоса автономно тільки на опалювальне навантаження в розрахункових умовах ($t_{\text{зовн.}} = \text{мінус } 24^{\circ} \text{C}$, $t_{\text{внутр.}} = \text{плюс } 18^{\circ} \text{C}$).

2.3 Аналіз існуючих підходів щодо розрахунку параметрів фотоелектричної системи

Існує 2 можливим варіанти роботи фотоелектричної системи:

1. Генерація електроенергії менше або дорівнює споживанню електроенергії на підприємстві. У цьому випадку вся вироблена сонячними панелями електроенергія йде на споживачів, якщо ж згенерованої енергії не вистачає, то недолік електричної енергії паралельно добирається з мережі. Всі процеси відбуваються автономно і без втручання людини (рис 2.9).

2. Генерація електроенергії перевищує споживання на підприємстві. В даному випадку згенерувала електроенергія йде на навантаження і, відповідно, в цей момент підприємство з мережі не споживає. Надлишки згенерованої електроенергії в мережу не підуть (як у випадку з мережними станціями, які працюють по Зеленому Тарифу), так як спеціальний пристрій Smart Meter дасть команду на інвертор обмежити вироблення електроенергії від сонячних батарей до рівня споживання. По-перше, одним із завдань є відсутність подібних ситуацій, ожуть бути і непередбачені ситуації, такі як зупинка обладнання для ремонту або сервісу, вихідні або святкові дні

Алгоритм вибору потужності сонячної електростанції:

Розраховуємо кількість споживаної електроенергії за рік $\text{кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}$ (далі E_p).

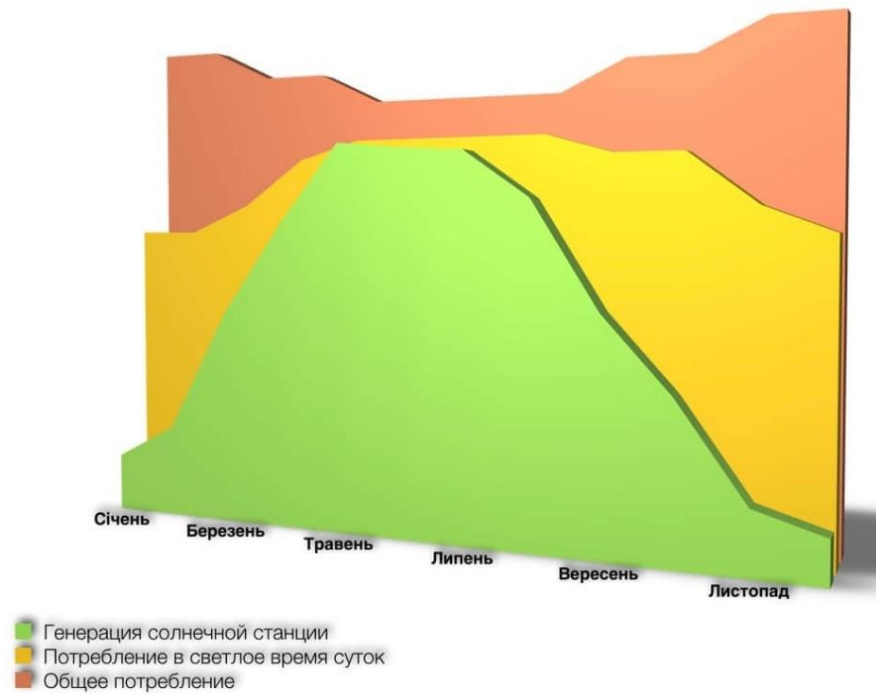


Рис.2.9. Визначення коефіцієнта заміщення f для сонячної установки з рідким теплоносієм. [<https://utem.org.ua/>]

За бажанням продавати енергію за «зеленим» тарифом ділимо E_p на середнє число максимумів максимальної генерації N (1070-1200 в залежності від регіону) і отримуємо оптимальну потужність сонячної електростанції

$$P_{opt} = E_p / 1100 \text{ кВт} \quad (33)$$

При бажанні використовувати ФЕС для власних потреб розраховуємо потужність ФЭС наступною формулою: оптимальна потужність ФЭС (P_{opt}) складає 50% -60% від потужності, отриманої в попередньому розділі

$$P_{opt} = (0,5 \div 0,6) * E_p / 1100 \text{ кВт} \quad (34)$$

Також необхідно враховувати мінімальне енергоспоживання в літній сезон в період часу з 10.00 до 15.30 (далі E_{min}) кВт*год.

$$P_{opt} = (0,75 \div 0,85) * E_{min} \text{ кВт} \quad (35)$$

2.4 Моделювання сонячних електростанцій: огляд програмного забезпечення

Визначення оптимальних конструктивних та експлуатаційних параметрів СЕС може здійснюватися за допомогою різноманітних інструментів. Інженери прагнуть оптимізувати систему, щоб отримати на виході максимальну потужність. Інвестори можуть розрахувати, через який час отримають дивіденди. Теоретичні розрахунки будуть потрібні в якості вихідної точки при введенні станції в експлуатацію - вони допоможуть порівняти реальну продуктивність з розрахованою, а при необхідності - внести відповідні корективи.

Для виконання передпроектних робіт щодо функціонування сонячних електростанцій використовуються різні програмні середовища, але на базовому рівні всі розрахунки зводяться до двох питань – як багато сонячного випромінювання отримає станція і яка буде її потужність.

Інструменти для моделювання сонячних електростанцій - це ряд математичних рівнянь, що дозволяють розрахувати вхідну і вихідну потужність для встановлених фотоелектричних компонентів, щоб ґрунтуючись на отриманих даних, скласти погодинної графік генерації електроенергії сонячними електростанціями. Надалі, об'єднавши отримані значення для різних пір року, можна з високою точністю скласти річний графік виробництва електроенергії. Інструменти для розрахунку і моделювання сонячних електростанцій можуть використовуватися для вирішення різноманітних завдань:

- розробки проектів електрифікації нових об'єктів;
- проведення оптимізації монтажу та експлуатації вже функціонуючих сонячних електростанцій;
- проведення попередніх розрахунків для укладення контрактів або підготовки комерційної пропозиції;
- розрахунку ККД встановленої системи;

- узгодження взаємодії сонячної електростанції з енергосистемою загального користування;
- виконання енергетичних розрахунків і тестів.

Для проведення зазначених робіт розробники систем і проектів, інженери і студенти, в залежності від потреб і вирішуваних завдань, користуються як відкритими (безкоштовними), так і платними інструментами моделювання сонячних електростанцій. В таблиці 1 наведений порівняльний аналіз програмного забезпечення за різними критеріями.

PVWatts

Фактично, це онлайн калькулятор (pvwatts.nrel.gov), який дозволяє користувачеві оцінити продуктивність сонячної електростанції. Вона розрахована на користувачів, що базове уявлення про функціонування сонячних батарей і бажає самостійно переконатися в тій вигоді, яку він отримає після їх установки.

У 2014 році розробники істотно оновили і модифікували програму, значно оптимізувавши призначений для користувача інтерфейс. Крім того, більш точними стали проведені розрахунки. Наприклад, в ранній версії PVWatts значення реальної потужності за замовчуванням розраховувалося на рівні 77% від зазначеного номіналу, то тепер при розрахунках за замовчуванням втрати становлять 14%. Крім того, більш високі показники (близько 7-9%) можуть бути отримані за рахунок обліку того, що фотоелектричні системи можуть встановлюватися з фіксованим нахилом. У новій версії PVWatts можна враховувати бази Google Maps з даними про погоду та інсоляції, хоча враховуються статистичні дані за все за один рік. Точність отриманих даних збільшилася і за рахунок обліку ефективної потужності сонячної електростанції і оцінки межрядних втрат через затінення в проектах зі спостережними системами. Про ефективність і затребуваність даної програми говорить і відвідуваність сайту - близько 20 тисяч користувачів щомісяця.

System Advisor Model (SAM)

Складніша, але при цьому - більш точна модель, розрахована на професійних користувачів: інженерів, дослідників, розробників проектів і виробників обладнання. Як і багато сучасних систем моделювання, SAM проводить розрахунок продуктивності сонячної електростанції, використовуючи відразу декілька комп'ютерних математичних моделей, які відтворюють технології генерації електроенергії. SAM дозволяє не тільки точно розраховувати продуктивність сонячних електростанцій, а й отримати вартість вироблюваної електроенергії з урахуванням проектних і експлуатаційних витрат. У програмі закладено вісім різних фінансових моделей можливого використання фотоелектричних систем.

З інших достоїнств варто відзначити:

- більш точний облік екологічних чинників і мінливості природи - є можливість завантаження бази даних метеоспостережень за кілька років як з Інтернету, так і введення власних даних
- наявність декількох бібліотек даних, в яких занесені характеристики компонентів системи: фотоелектричних модулів, інверторів, параболічних приймачів і колекторів і т.д.
- можливість коригування фінансових показників (ставки кредитування, рівня інфляції, тарифів для житлових будинків і комерційних підприємств)
- облік в фінансових моделях витрат на установку (включаючи закупівлю обладнання, виплати робочих, оренду техніки, проектні витрати, витрати на землю - оренду або купівлю), а також витрати на експлуатацію та технічне обслуговування.

SAM дозволяє переглядати результати як у вигляді графіків, так і у вигляді таблиць, відображаючи найрізноманітніші показники, які цікавлять користувача, наприклад, добовий погодинний графік генерування електроенергії, річний обсяг виробництва електроенергії або деталізація

річного прибутку за продаж електрики. Отримані звіти можна імпортувати і поміщати в презентації, звіти або комерційні пропозиції.

Helioscope

Одна з найбільш сучасних розрахункових платформ, яка з'явилася в 2014 році. Її цільова аудиторія - менеджери і розробники нових проектів, інженери, системні проектувальники, а також технічні фахівці, що займаються просуванням і продажем проектів.

ПО дозволяє проводити розрахунок як дахових, так і наземних конструкцій сонячних батарей, його можна використовувати для проектування сонячних електростанцій як для житлового фонду, так і комерційної нерухомості. Спочатку програма Helioscope дозволяла моделювати сонячні електростанції потужністю до 5 МВт, але з початку 2016 вона дозволяє проводити розрахунки для систем потужністю до 100 МВт. Крім того, програма дозволяє розраховувати фінансові показники, виходячи з введених комунальних тарифів та інших даних.

Helioscope має простий, інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, який дозволяє легко навчитися і орієнтуватися в можливостях програми. Крім того, варто відзначити:

- наявність спеціального плагіна, що дозволяє будувати 3-D моделі для розрахунків втрат, які викликані затінюванням
- система дозволяє змоделювати фізичне розташування об'єктів на поверхні землі, використовуючи дані Google Earth
- можливість передачі отриманих моделей в систему автоматизованого проектування, що дозволяє істотно прискорити процес створення плану будівництва.
- так як Helioscope дозволяє змоделювати фізичне розташування всіх компонентів сонячної електростанції, архітектори часто використовують її для аналізу і оптимізації загального дизайнерського рішення будинку (об'єкта). Припустимо і зворотний процес, коли ґрунтуючись на архітектурному рішенні будинку та

прилеглих об'єктів, можна розрахувати, наскільки будуть затінювати сонячні батареї і до яких втрат це може привести

- можливість використання різних метеорологічних баз, в тому числі - введення призначених для користувача файлів, що містять інформацію про погоду для конкретної місцевості.

HOMER Pro

Цільова аудиторія даного інструментарію - проектувальники, дослідники та системні інженери, які проектують / налаштовують електричні мікромережі для кампусів, невеликих селищ і сіл, військових баз або островів. Якщо для розрахунку потужності сонячної електростанції в програмі використовується досить проста формула, що дає в цілому задовільний результат з досить великою похибкою, то основною перевагою її є можливість моделювання гібридних мікросистем - складних енергетичних конструкцій, що включають в себе кілька енергетичних ресурсів. Програма дозволяє інтегрувати в єдину систему різні джерела енергії - вітрові і гідрогенератори, сонячні батареї, промислову / побутову електромережу, паливні елементи, комбіновані виробники тепла і електроенергії, а також різні пристрої накопичення і зберігання електроенергії.

Основний принцип, закладений в основу моделювання енергосистем від HOMER Pro - мінімізація витрат. Програма, виходячи з стартових умов, може запропонувати одночасно до сотні різних системних конфігурацій, які потім проаналізує, виходячи з діючих цін на комунальні послуги та вартості використовуваного обладнання. Інший варіант - проведення розрахунку того, наскільки зміниться вартість генерованої електроенергії при заміні одного джерела / генератора на інший.

Polysun

Швейцарський SPF Institut für Solartechnik займається випуском і оновленням програми Polysun з 1992 року. На сьогоднішній день є два варіанти цієї програми:

- Professional - інструмент для щоденного використання, спрощений варіант, розрахований на фахівців відділів продажів і монтажників, дозволяє отримувати розрахунок і створювати комерційну пропозицію протягом лічених хвилин
- Designer - програма, що дозволяє максимально гнучко і точно проектувати системи генерації електроенергії на основі поновлюваних джерел енергії, точного моделювання централізованого теплопостачання і великомасштабних систем технологічного тепла. Основні користувачі програми - консультанти в галузі енергетики, проєктанти та інженери-розробники. Крім того, додаток дозволяє аналізувати і видавати пропозиції щодо оптимізації діючих енергосистем

Користувач отримує всебічний і повний технічний розрахунок системи, що містить всю інформацію, яка дозволить легко переконати потенційного клієнта в перспективності та економічності доцільності установки сонячної електростанції.

Відзначимо основні переваги програми:

- програма має російсько- та україномовну версію
- досить вказати точку на карті, і програма самостійно підтягує дані за кілька років, використовуючи дані Meteotest
- велика база готових шаблонних рішень для проектування систем опалення / охолодження приміщення, приготування гарячої води, функціонування басейнів, створення комбінованих систем, можливість внесення коректив
- створення полів сонячних батарей (до 10 тисяч установок)
- часова оцінка (погодинно, щодня, щотижня і т.д.) енергетичних потоків, зміни температур, і теплових втрат, будь-якого компонента, що входить в систему, візуалізація даних у вигляді гістограм або графіків

- проведення фінансового аналізу - річна економія витрат на паливо після установки сонячної електростанції, період окупності з урахуванням витрат на придбання обладнання, поточних витрат на ТО і експлуатацію
- великий банк даних різних сертифікованих фотомодулів та іншого обладнання
- облік в розрахунках чинників забруднення, вітру, затіненості і т.д.

PV SOL

Інструмент для моделювання сонячних електростанцій, що випускається німецькою компанією Valentin Software з 1999 року. Це динамічна програма, що дозволяє проводити розрахунки і проектування сонячних електростанцій, систем теплових насосів і геліотермічних установок, а також проводити фінансові розрахунки в сфері електро- і теплопостачання будівель. Основною перевагою якої є можливість моделювання з 3D візуалізацією, що дає можливість провести точний аналіз затінення фотоелектричних систем. Простий, інтуїтивно зрозумілий інтерфейс дозволяє точно відтворити місцевість, на якій планується установка сонячної електростанції, щоб на основі отриманої моделі отримати повну інформацію про затіненні фотоелементів в будь-який час року і доби. Отримана інформація дає можливість оптимізувати розташування фотоелементної бази для отримання оптимального значення потужності енергії, що генерується.

На сьогоднішній день активно використовуються три варіанти програми:

- PV * SOL premium - дозволяє проектувати підключення в мережу фотоелектричних установок, створена модель дає можливість отримати інформацію про генерується і споживаної енергії, можливості накопичення її в батарейних установках. Програма дозволяє створити візуалізацію місцевості з установкою на ній до 5000 фотоелектричних модулів (і до 100 тисяч модулів в 2D). Крім того, саме в ній можна підібрати оптимальне розміщення

фотоелектропанелей на дахах зі складним профілем. PV * SOL premium дозволяє найбільш точно розрахувати втрати, викликані затінюванням панелей. Крім того, в програмі реалізована дуже точна математична модель функціонування літій-іонних акумуляторів, що дуже важливо для розрахунку систем з накопиченням енергії

- T * SOL - додаток, що дозволяє підібрати оптимальні параметри для сонячних установок, визначити необхідну площу поля і ємність акумуляторів, а також провести підрахунок рентабельності експлуатації сонячної електростанції
- GeoT * SOL - одна з кращих програм для проектування систем опалення на основі теплових насосів.

PVsyst

Пакет програмного забезпечення, розроблений в Університеті Женеви в 1992 році, активно використовується для моделювання, налагодження, вивчення і аналізу даних і процесів, що протікають в фотоелектричних системах. Основні користувачі пакета програмного забезпечення - інженери-розробники, дослідники та архітектори. Додаток дозволяє проводити розрахунки ефективності і виконувати економічно обґрунтовані оцінки виробництва енергії як для комерційного, так і приватного використання. Додаток підходить для проектування як статичних фотоелектричних систем, так і динамічних (з обертанням по одній або двох осях). Крім того, програма містить алгоритми, що дозволяють розраховувати зміну затіненості для обертових фотоелектричних систем відзначимо і інші особливості та переваги:

- програма має велику бібліотеку даних по різних фотоелектричних системам і пристроям, в тому числі по тонкоплівкових елементів
- отримання метеоданих для будь-якої точки місцевості з Meteonorm
- висока точність проведення розрахунків, в середньому відхилення реальних показників потужності від проектних не перевищує 2%

- використання оновлених алгоритмів, що дозволяють максимально точно моделювати затененність елементів, в тому числі - за рахунок побудови анімаційних 3D моделей. Вони можуть використовуватися як для проведення розрахунків, так і для архітектурного проектування або презентацій для потенційних замовників
- реалізація в програмі математичних моделей, досить точно описують негативні чинники, що призводять до втрат генерації електроенергії і всередині системи - це дозволяє не тільки отримувати точні результати, але і шукати шляхи мінімізації втрат
- уявлення розрахунків у вигляді графіків і таблиць в залежності від кута нахилу і азимута установки панелей
- На сьогоднішній день PVsyst - один з найбільш затребуваних інструментів для моделювання сонячних електростанцій серед інженерів і менеджерів, які займаються реалізацією промислових сонячних електростанцій.
- Використовуючи найсучасніші інструменти для моделювання сонячних електростанцій, наші фахівці проведуть розрахунок сонячних електростанцій будь-якої складності, з урахуванням всіх факторів і нададуть замовнику повне фінансово-економічне обґрунтування всіх робіт.

Таблиця 2.2 – Порівняльна характеристика програмного забезпечення

Критерії	Назва програмного забезпечення							
	PVWatts	System Advisor Model (SAM)	Helioscope	HOMER Pro	Polysun	PV*SOL	PVsyst	iHoga
Безкоштовний	+	+	-	-	-	-	-	-
Використання продукту онлайн	+	-	+	-	+	-	-	-
Україномовний інтерфейс	-	-	-	-	+	-	-	-
Наявність пробної версії	-	-	+	-	+	+	+	+
Банки приймають звіти для видачі кредитів на станцію	-	-	+	-	-	-	+	-
Моделювання первинних розрахунків	+	-	-	-	+	-	-	+
Можливість завантаження власної бази даних метеоспостережень	-	+	+	-	+	+	+	+
Наявність декількох бібліотек даних	-	+	+	+	+	+	+	+
Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс	+	-	+	-	+	-	+	-
Можливість моделювання 3D моделі	-	-	+	-	-	+	-	-
Моделювання фізичного розташування об'єктів на поверхні землі	-	-	+	-	+	+	-	-
Можливість моделювання гібридних мікросистем	-	-	-	+	-	-	-	+
Можливість фінансових розрахунків	-	+	+	+	+	+	+	+
Розрахунок затінення панелей та інших об'єктів	-	-	+	-	-	+	+	-

Висновки до розділу 2

В даному розділі наведено методи та підходи розрахунку відновлювальних джерел енергії для локального об'єкту, а саме розрахунок геліосистеми, теплових насосів та фотоелектричної станції.

Також даному розділі проведено аналіз програмного забезпечення яке дозволяє зробити розрахунок компонентів системи для розрахунків вхідної і вихідної потужності для встановлених фотоелектричних компонентів та спрогнозувати обсяги генерування ФЕС електроенергії для конкретних умов місцевості за умови.

В результаті проведеного аналізу слід зазначити, що сьогоднішній день PVsyst та Helioscope - один з найбільш затребуваних інструментів для моделювання сонячних електростанцій серед інженерів і менеджерів, які займаються реалізацією промислових сонячних електростанцій.

3 МОДЕЛЮВАННЯ ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВЛІ

3.1 Опис будівлі.

Об'єктом який досліджується є будівля ДП «ДержавтотрансНДІпроект» (що знаходиться за адресою: пр-т Перемоги, 57, м. Київ) (далі – будівля). Будівля була введена в експлуатацію у 1974 році. Основна споруда має 18 основних поверхів, технічний поверх, підвальне приміщення. Тип будівлі – адміністративна. Основна багатоповерхова будівля має розміри в плані у крайніх осях 43,360 *17,760 м. Висота підвалу 3,0 м., висота цокольного поверху 4,2 м, висота другого-вісімнадцятого поверхів 3,3 м. Розміри підвалу в крайніх осях 42,0*15,0 м. Товщина будівельних конструкцій, що використовуються як перекриття, - 0,416 м, товщина стін, орієнтованих на північ та південь - 0,35 м; на захід та схід 0,41 м. Габаритні розміри будівлі представлені рис. 3.1 та рис. 3.2.

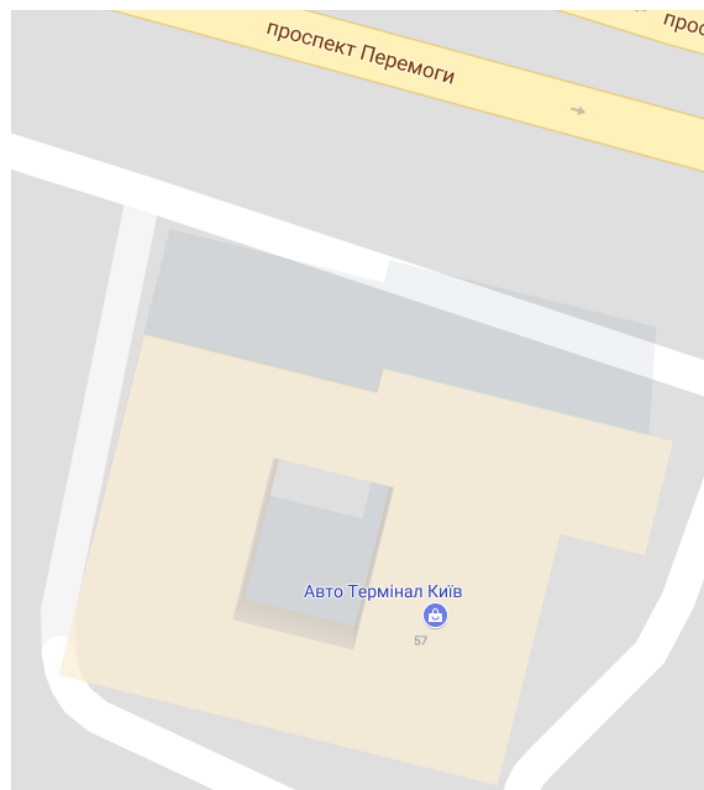


Рисунок 3.1 – Зображення будівлі на карті



Рисунок 3.2 – Зовнішній вигляд будівлі

Загальні характеристики будівлі та параметри представлено в таблицях 1.1 – 1.4. Отримані шляхом вимірювання та розрахунків за основними даними з проектної документації

Таблиця 3.1 – Загальні характеристики досліджуваної будівлі

Адреса	пр-т Перемоги, 57, м. Київ
Тип будівлі	Адміністративна будівля
Рік будівництва	1974 рік
Розміри в плані	43,36 x 17,76
Кількість поверхів	основна споруда – 18 поверхів; технічний поверх; підвальне приміщення
Висота будівлі, м	61,17
Висота поверху, м	3,3
Споживання природного газу за рік(м3)	20685

Продовження таблиці 3.1 – Загальні характеристики досліджуваної будівлі

Споживання пелет (т) за рік	487,29
Споживання електроенергії (кВт/год) за рік	721445

Таблиця 3.2 - Функціональне призначення, тип і конструктивне рішення споруди

Призначення	Адміністративна будівля
Розміщення в забудові	Окремо розташований
Типовий проект, індивідуальний	Типовий
Конструктивне рішення	Керамзитобетонні панелі, цегляна кладка

3.2 Споживання енергетичних ресурсів будівлі

На рис.3.3, рис.3.4, рис.3.5 показано споживання енергетичних ресурсів будівлі.

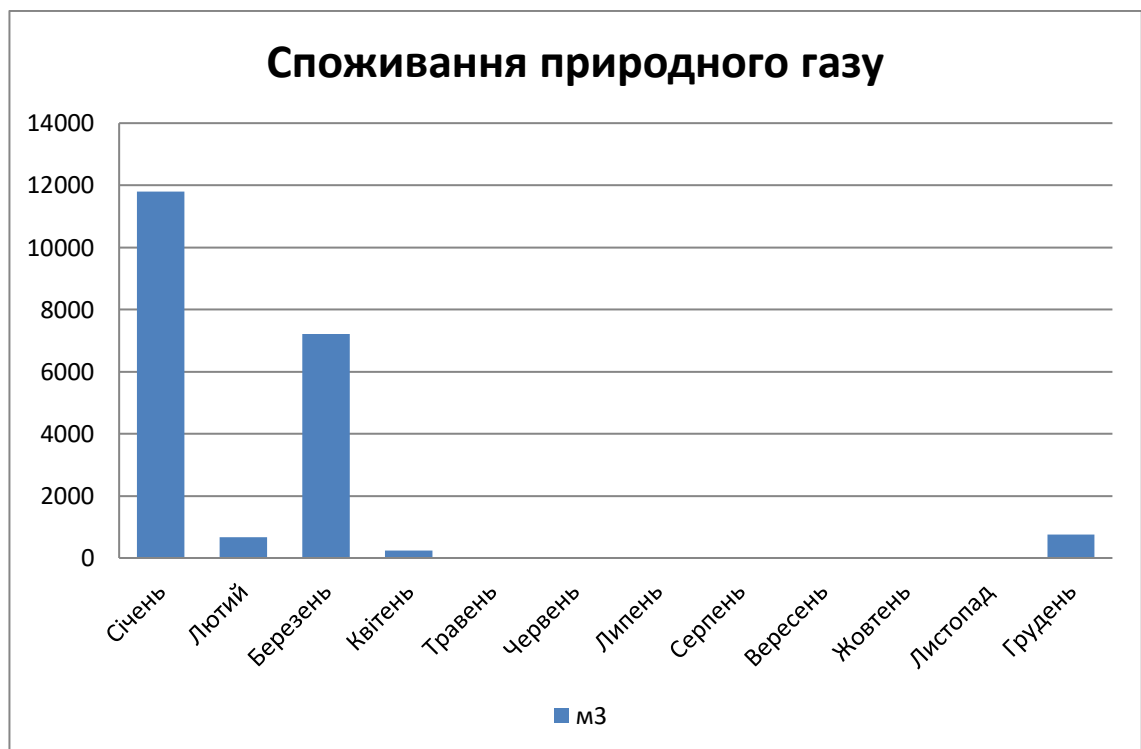


Рисунок 3.3 – Графік споживання природного газу



Рисунок 3.4 – Графік споживання пеллет

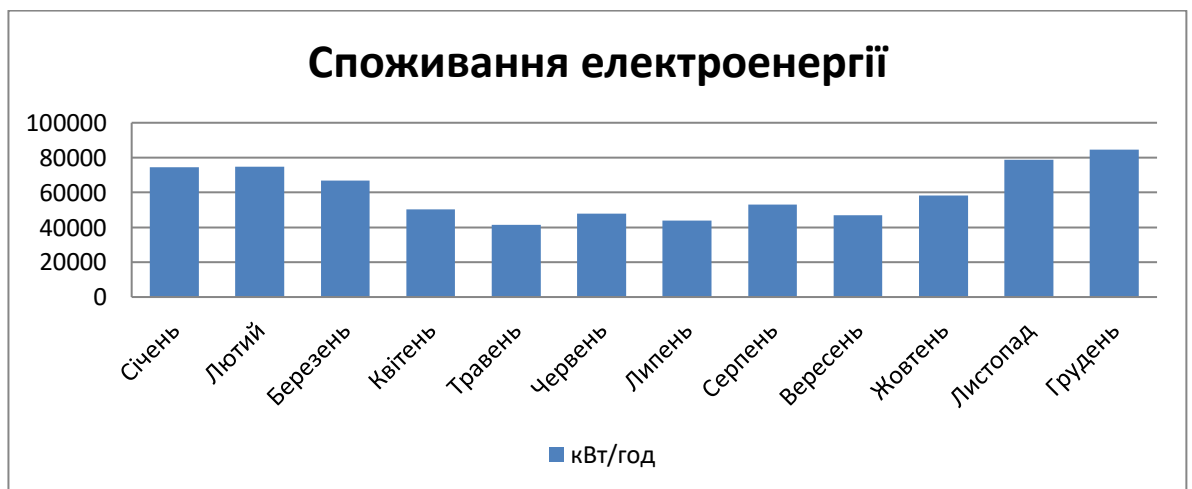


Рисунок 3.5 – Графік споживання пеллет

3.3 Опис ФЕС. Схемні конструктивно-компоновочні рішення

Мережева сонячна електростанція проектується з метою виробництва екологічно чистої електроенергії та подальшого отримання прибутку від продажу за зеленим тарифом. СЕС спроектована з застосуванням стрінгових

інверторів і монокристалічних кремнієвих модулів. Всі інвертори об'єднані в групи, які підключені до підвищує комплектним трансформаторних підстанцій 0,4 / 10 кВ.

На дахах будівель передбачається встановлення мережевої ФЕС 165 кВт(рис. 3.6 та 3.7) для власних потреб. Для блокування подачі в мережу залишків електроенергії будуть використовуватись SmartMeter.

Електрична енергія генерується фотоелектричними модулями одиничною потужністю 365 Вт (технічні характеристики наведено в табл. 1) від енергії сонячного випромінювання. ФЕМ виробляють постійний струм, який надходить до інверторів де перетворюється на змінний струм. До кожного інвертору приєднується по 8 лінійок фотоелектричних модулів (ФЕМ). Кожен стрінг складається з 19-х модулів відповідно, з'єднаних послідовно. Від інверторів змінний струм напругою 400 В надходить до ЩЗП.

Для будівлі на рисунку показано план розташування та розрахунок ефективності приймання інсоляції фотомодулів зважаючи на затінення впродовж року.

Загальна потужність від ФЕС передається через кабельну лінію ШЗП – ТП- 10/0.4 кВ(рис 3.8).

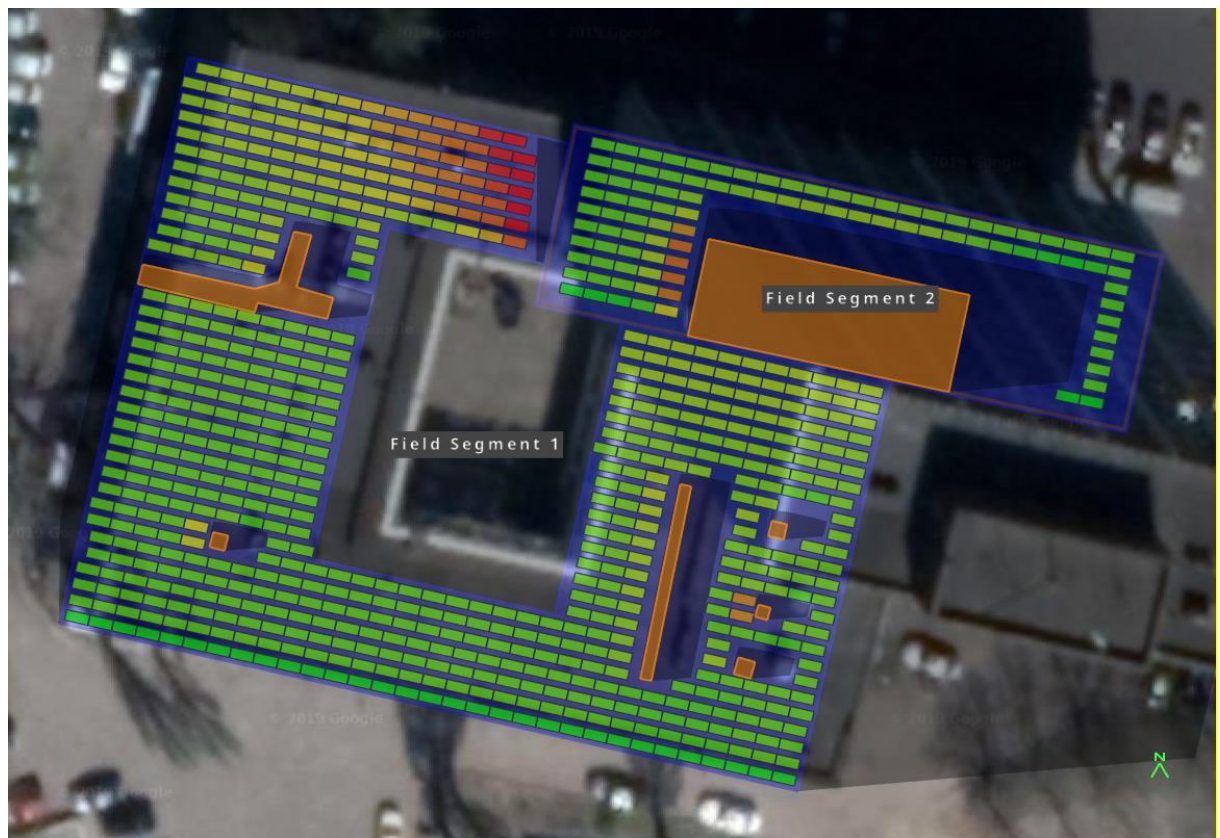


Рисунок 3.6 – Вигляд ФЕС зверху

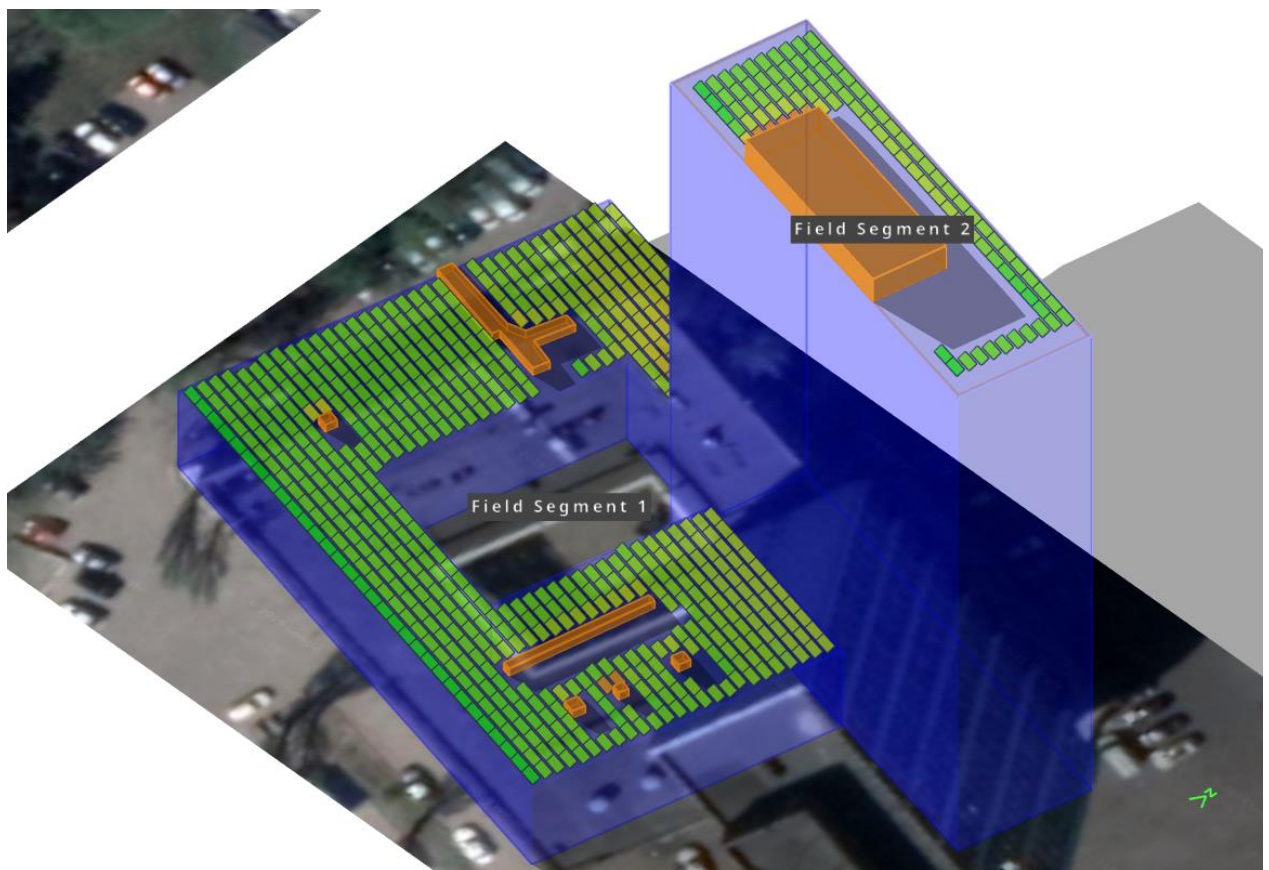


Рисунок 3.7 – Вигляд ФЕС збоку

Використовується таке обладнання:

- Фотоелектричні модулі (ФЕМ) типу JAP72S01-365/PR(технічні характеристики наведено в табл. 3.4) виробництва компанії JA Solar;
- Інвертор SUN2000-33KTL-A(технічні характеристики наведено в табл. 3.5), призначений для перетворення постійного струму у змінний трьохфазний струм потужністю 33 кВА, 50 Гц та напругою 0.4 кВ.

Таблиця 3.3 – Техніко-економічні показники

№	Показник	Одиниці	будівля
1	Площа даху	м ²	1520
	Кількість		
2	фотоелектричних модулів	шт.	760
3	Встановлена потужність постійного струму	кВт	277,4
4	Кількість інверторів SUN2000-33KTL-A	шт.	5
6	Встановлена потужність змінного струму	кВт	150.00
7	Середнє виробництво електричної енергії	кВт*год / рік	237 123

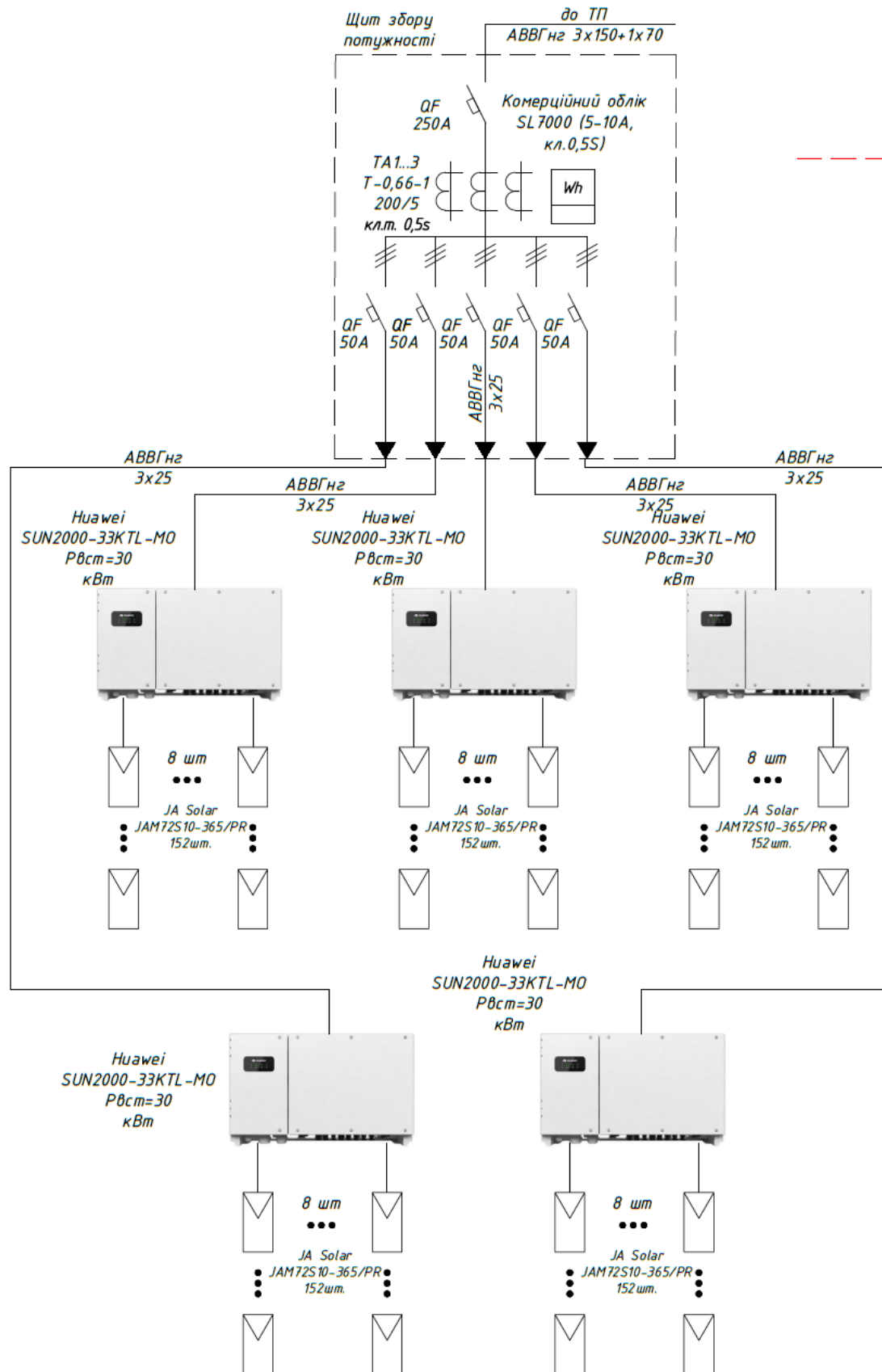


Рисунок 3.8 – Однолінійна схема електропостачання ФЕС

3.4 Технічні характеристики обладнання для ФЕС.

Фотомодулі JA Solar незмінно є галузевим стандартом по ефективності і технологічності. Продуктовий портфель компанії включає полі- і монокристалічні моделі з осередками PERCium (PERC), виконані в форматах full-cell, half-cell, double-glass (двох-сторонні).

Фотомодулі спроектовані з урахуванням зниження опору послідовно з'єднаних елементів і механічної напруги між вузлами їх сполуки, що підвищує надійність і ККД перетворення енергії в модулях.

Висока вихідна потужність і коефіцієнт корисної дії модулів до 20% підтверджені аудиторською компанією TUV Rheinland. Розроблено для систем IEC 1000/1500 В.

Антиблікове і протизабруднююче покриття зменшують втрати потужності внаслідок наявності бруду і пилу. Мають відмінні експлуатаційні характеристики в умовах низького рівня освітлення.

Відмінна міцність під дією навантажень: сертифікат стійкості до високих вітрових (2400 Па) і сніжним (5400 Па) навантажень.

Таблиця 3.4. – Технічні характеристики фотомодуля JA Solar JAP72S01-365/PR

Параметр	STC	NOCT
Максимальна потужність (P_{max})	365 Вт	268 Вт
Напруга максимальної потужності (U_{MPT})	39.21 В	36.03 В
Струм максимальної потужності (I_{MPT})	9.31 А	7.34 А
Напруга холостого ходу (U_{XX})	47.93 В	44.10 В
Струм короткого замикання (I_{K3})	9.85 А	7.74 А
Відхилення номінальної потужності	0 ~ +5 Вт	
Робоча температура	-40°C ~ +85°C	
Максимальна напруга системи	1000 В / 1500 В DC (IEC)	
Максимальний струм плавкої вставки	20 А	

Продовження таблиці 3.4.

Температурний коефіцієнт напруги (t_U)	-0.30%/°C
Температурний коефіцієнт струм (t_I)	+0.06%/°C
Номінальна робоча температура елемента НОСТ	45±2°C

Перетворювач генерує до 33 кВт-год, має чотири MPPT з максимально широким діапазоном напруг (200-950 В). Завдяки цій особливості модель ідеально підходить для самих проблемних систем: частково затінених, з різноорієнтованих PV масивами, з сонячними панелями різного ступеня зношеності

Плюси:

- гнучкість
- компактність
- продуктивність.
- бюджетність.
- гарантія – від 5 років.

Мінуси:

- мінімум функцій.
- базовий пакет зв'язку

Таблиця 3.5 – Технічні характеристики інвертора Huawei SUN2000-33KTL-A

Номінальна потужність змінного струму	30.0 кВт
Максимальна потужність змінного струму	33.0 кВА
Номінальний струм	48 А
Приєднання мережі (діапазон напруги)	230V / 400V, default 3W+N+PE;
Частота (діапазон частоти)	50 Гц / 60 Гц

Продовження таблиці 3.5

Гармонічне спотворення (THD)	<3.0%
Коефіцієнт потужності ($\cos \phi$)	0.9
Максимальна дозволена вхідна потужність постійного струму ($P_{\text{СТУ}}$)	30.6 кВт
Максимальне допустиме значення напруги від фотомодулів (U_{PVISmax})	1100 В
Максимальний допустимий струм на вході постійного струму	22 А
Максимальний допустимий струм короткого замикання від фотомодулів ($I_{\text{КЗ}}$)	30 А
Діапазон напруги МРРТ	480-800 В
Допустимий діапазон постійної напруги на вході	200-1000 В
Напруга початку генерації	620В
Кількість входів постійного струму (n)	8 шт.

3.5 Розрахунок генерації та втрат потужностей ФЕС на даху будівлі

На рис. 3.9 показано джерела системних втрат.

В табл.3.6 показано вплив системних втрат на прийом фотомодулями інсоляції від сонця та втрати в генерації зважаючи на особливості системи

Графік генерації електричної енергії від ФЕС(рис. 3.10) та співставлений графік показано на рис 3.11.

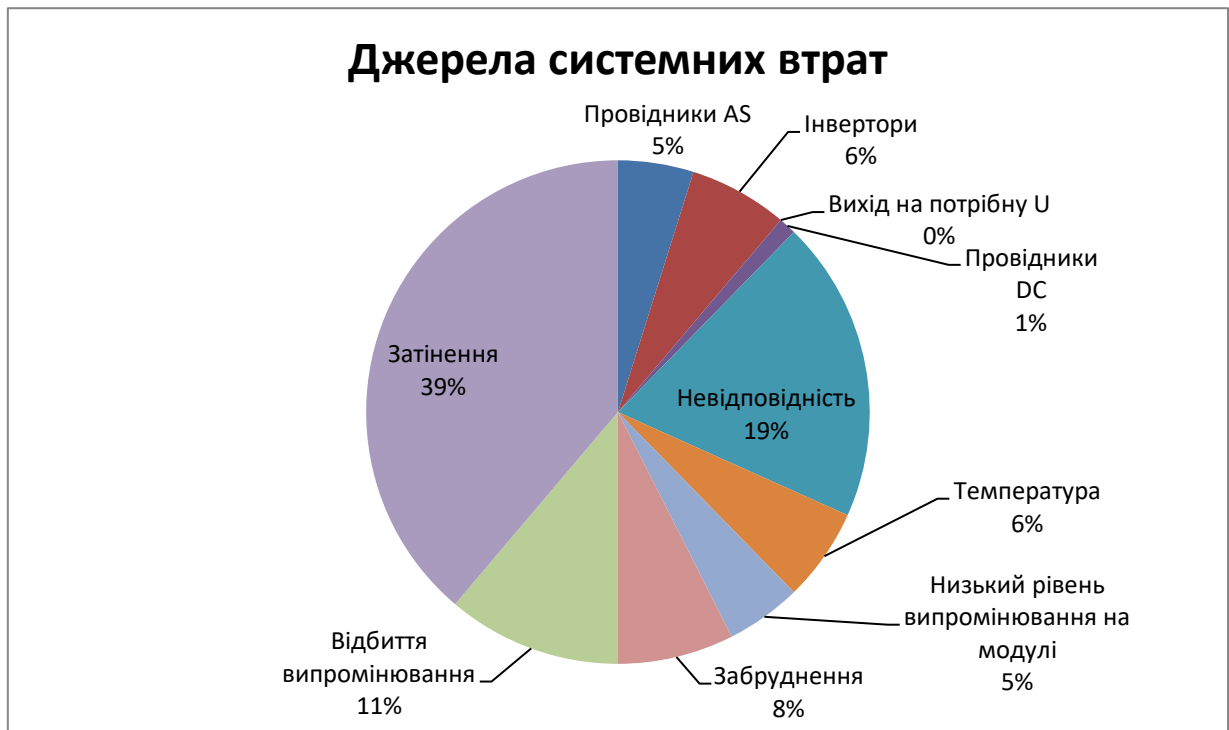


Рисунок 3.9 – Джерела системних втрат

Таблиця 3.6 – Річні дані генерації ФЕС

Річне виробництво			
Опис		Вихід	%
Інсоляція (kWh/m ²)	Річне горизонтальне випромінювання	1,164.6	
	РОА випромінювання(з врахуванням куту нахилу)	1,373.4	17.9%
	Випромінювання з врахуванням затінення	1,139.3	-17.0%
	Випромінювання після відбиття від поверхні модуля	1,108.2	-2.7%
	Випромінювання після забруднення модуля	1,086.1	-2.0%
	<u>Загальне випромінювання</u>	<u>1,086.1</u>	<u>0.0%</u>
Енергія (kWh)	Генерація за паспортом	278,721.3	
	Низький рівень освітленості модулів	274,897.8	-1.4%
	Вплив температури	270,329.2	-1.7%
	Невідповідність	251,634.4	-6.9%

Продовження таблиці 3.6

	Резистивні втрати в DC	250,938.7	-0.3%
	Обмеженість DC виходу	242,579.5	-3.3%
	Енергія з врауванням КПТ та харак. Інвертора	238,315.0	-1.8%
	<u>Енергія в мережу</u>	<u>237,123.0</u>	<u>-0.5%</u>

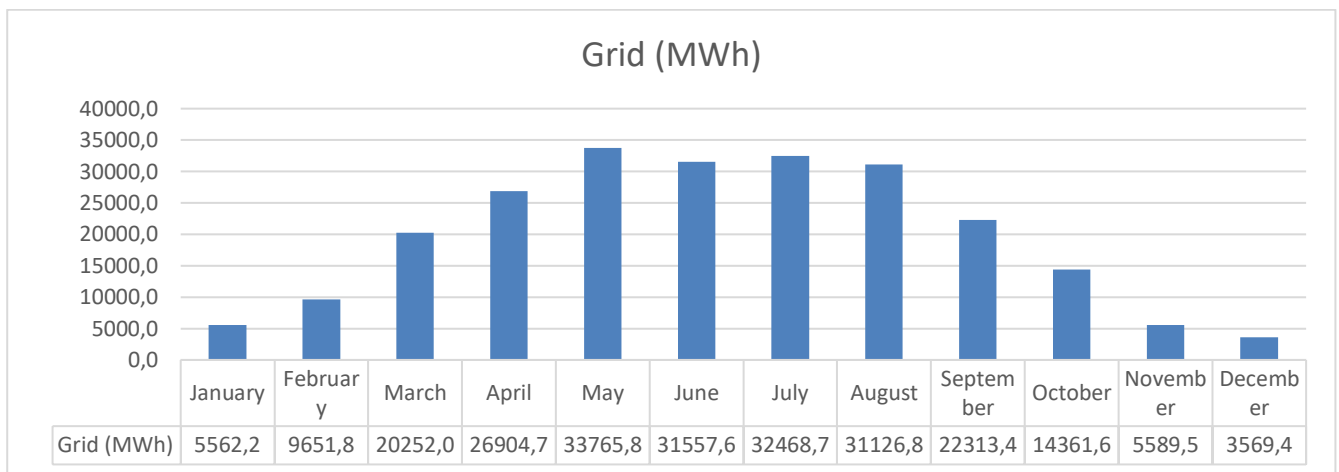


Рисунок 3.10 – Графік генерації електричної енергії від ФЕС

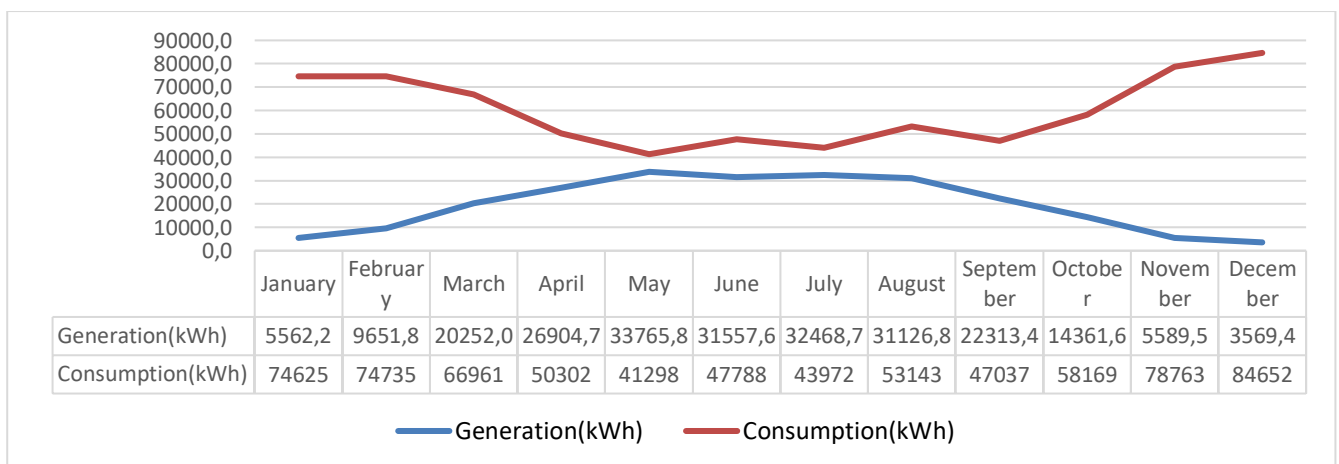


Рисунок 3.11 – Графік генерації електричної енергії від ФЕС співставлений з споживанням будівлі

Таблиця 3.6 – Річні дані генерації ФЕС

Споживання електроенергії за рік:	721 445	кВт*год
Генерація електроенергії за рік від ФЕС складе:	237 123	кВт*год
Різниця споживання електроенергії і генерації від ФЕС:	484 322	кВт*год
Економія електроенергії	21 133	\$
Ціна встановлення ФЕС	117 600	\$
Щорічні експлуатаційні витрати будуть складати орієнтовно	400	\$
Простий термін окупності СЕС, років	5,2	років

Отже, при розрахунку простого терміну окупності, встановлення фотоелектричної станції для власного споживання на даху будівлі окупить свої капіталовкладення за 5 років та 2 місяці. Спираючись на ці показники, проект вигідно впроваджувати з точки зору повернення.

Висновки до розділу 3

В даному розділі показано моделювання ФЕС на даху будівлі за допомогою спеціального програмного забезпечення (Helioscope). Сонячна станція на даху будівлі потужністю 160 кВт змінного струму. Сонячна станція протягом року буде виробляти 237 123 кВт*год «зеленої» енергії для власного споживання. Встановлення такої фотоелектричної станції дасть змогу економити щорічно близько 21 133\$

4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

4.1 Опис ідеї проекту

Ідея проекту полягає у створенні програмного забезпечення, яке буде направлено для використання проектними організаціями, які проектують та вводять в експлуатацію локальні об'єкти з великою часткою ВДЕ з використанням Smart Grid технологій.

Використання споживачами даного програмного продукту передбачає можливість вибору критеріїв розрахунку, та здійснення на обраний розрахунковий період:

- вибір оптимальних варіантів компонування існуючої локальної енергетичної системи з використання ВДЕ виходячи з даних про споживання енергетичних ресурсів
- аналіз та оцінка частки генерації відновлюваними джерелами енергії в структурі локальної енергетичної системи;
- розрахунку прогнозних значень щодо необхідного розвантаження традиційних джерел енергії що забезпечить використання в балансі потужності максимальної прогнозної величини ВДЕ;

Опис ідеї стартап-проекту, що розкриє цілісне уявлення про зміст ідеї та можливі базові потенційні ринки, в межах яких потрібно шукати групи потенційних клієнтів, вказаний у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрями застосування	Вигоди для користувача
Розробка програмного забезпечення для розрахунку оптимальних варіантів компонування існуючої локальної енергетичної системи з використання ВДЄ	1. вибір оптимальних варіантів компонування існуючої локальної енергетичної системи з використання ВДЄ виходячи з даних про споживання енергетичних ресурсів	- суттєве спрощення розрахунків при проектуванні локальної енергосистеми - онлайн контроль за споживанням і генерацією всіх енергетичних ресурсів в енергетичній системі локального об'єкту
	2. аналіз та оцінка частки генерації відновлюваними джерелами енергії в структурі локальної енергетичної системи	- отримання аналітичних даних для прийняття рішень щодо планування/корекції річних графіків ремонтів основного обладнання в локальній системі
	3. розрахунку прогнозних значень щодо необхідного розвантаження традиційних джерел енергії що забезпечить використання в балансі потужності максимальної прогнозної величини ВДЕ	

Визначений перелік слабких, сильних та нейтральних характеристик та властивостей ідеї потенційного товару є підґрунтям для формування його конкурентоспроможності.

Наразі немає конкурента або подібного програмного продукту оскільки ріст частки генерації відновлюваних джерел енергії не суттєво впливав на баланс потужності і не було потреби враховувати їх вплив на структуру генерації.

4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного дослідження необхідно провести аудит технології, за допомогою яких можна реалізувати ідею проекту (технології створення товару).

Визначення технологій здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз складових, що зображені у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 Технології здійсненності ідеї проекту

	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Розробка програмного забезпечення для розрахунку оптимальних варіантів компонування існуючої локальної енергетичної системи з використання ВДЕ	Мова програмування Java	наявна	доступна
2		Мова програмування PHP	наявна	доступна
3		Мова програмування Ms SQL C#	наявна	доступна
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: Мова програмування Ms SQL C#				

Технології програмування Java та PHP являється складним інструментом для реалізації ETL (Extract, Transform, Load.) процесів та проведення аналітичних дій. Мова програмування C# з технологією Ms SQL дозволить легко написати програмний продукт для аналізу та збереження

великих масивів інформації. Тому обрана технологія реалізації ідеї проекту: мова програмування C# з технологією Ms SQL.

4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Аналіз ринкового середовища: складання таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають, ці фактори перераховані у таблицях 4.3 і 4.4 відповідно [56-58]. Фактори в таблиці подаються в порядку зменшення значущості.

Таблиця 4.3 Фактори загроз

Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.Складне політичне та економічне становище в країні	Брак коштів щодо реалізації програмного продукту	Зниження ціни
2. Конкуренція	Створення аналогічного програмного забезпечення	Зниження ціни

Таблиця 4.4 Фактори можливостей

Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
Розвиток програмного забезпечення	Створення і оновлення функцій, розширення можливостей	Реклама продукту

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу - матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities), SWOT-аналіз продемонстрований у таблиці 4.5.

Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового

середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення. Наприклад: зниження доходів потенційних споживачів – фактор загрози, на основі якого можна зробити прогноз щодо посилення значущості цінового фактору при виборі товару та відповідно, – цінової конкуренції (а це вже – ринкова загроза).

Таблиця 4.5 SWOT- аналіз стартап-проекту

<p>Сильні сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> - стартап-проект є монополістом на ринку України; - постійна онлайн підтримка програмного забезпечення; - періодичне інформування користувача; 	<p>Слабкі сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> - вимагає підключення до мережі Інтернет; - вимагає проведення навчання персоналу замовника ;
<p>Можливості:</p> <ul style="list-style-type: none"> - розвиток програмного забезпечення; - легкий доступ до програмного забезпечення; 	<p>Загрози:</p> <ul style="list-style-type: none"> - складне політичне становище в країні; - складне економічне становище в країні; - конкуренція.

4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів. Вибір цільових груп потенційних споживачів проведений у таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 Вибір цільових груп потенційних споживачів

Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1. Інвестори	Повна готовність	Високий	Слабка	Просто
2. Державні органи влади	Часткова готовність	Високий	Помірна	Просто

Оскільки компанія зосереджується на одному сегменті – вона обирає стратегію концентрованого маркетингу.

4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Визначення ключових переваг концепції потенційного товару показано у таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі, або такі, що потрібно створити)
Надійність та захищеність	Індивідуальний доступ (ключ) для кожного клієнта	Індивідуальний доступ
Повнота даних	Аналіз даних по кожному об'єкту генерації	Повнота даних по всім ВДЕ
Достовірність інформації	Інформація отримана напряму від реальних суб'єктів генерації	Інформація є достовірною та перевіреною
Підтримка та оновлення	Створення і оновлення функцій, розширення можливостей	Врахування індивідуальних побажань клієнтів, перед кожним оновленням програмного забезпечення

Концепція, згідно з якою компанія ретельно обмірковує і координує роботу своїх численних каналів комунікації називається концепція маркетингової комунікації, вона продемонстрована у таблиці 4.8. Це

робиться з метою вироблення чіткого, послідовного і переконливого уявлення у споживачів про продукт. Спрямована на інформування, переконання, нагадування споживачам та ринку в цілому про продукт і діяльність.

Таблиця 4.8 Концепція маркетингової комунікації

Цільові групи	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1.Інвестори	Інтернет, презентації під час зустрічей	Надійність, повнота інформації	Зацікавити клієнтів	Зручність, надійність, достовірність
2.Державні органи влади	Інтернет, презентації під час зустрічей	Надійність, повнота інформації	Зацікавити клієнтів	Зручність, надійність, достовірність

Висновки до розділу 4

1. Створив стартап-проект програмного забезпечення, яке буде направлено для використання проектними організаціями, які проектують та вводять в експлуатацію локальні об'єкти з великою часткою ВДЄ з використанням Smart Grid технологій.
2. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту показав, що даний продукт вразливий до таких загроз як слабка купівельна спроможність компаній та посилена конкуренція, проте цим загрозам можна протистояти якщо знизити ціну на продукт.
3. Дослідження дозволило визначити, що найбільший попит серед всіх цільових груп матимуть інвестори і державні компанії в енергетичній сфері .
4. Огляд довів, що бар'єром для впровадження стартап-проекту буде відсутність зацікавлення у керівництва компаній.
5. Аналіз підтвердив, що підтримка проекту в режимі он-лайн і регулярне оновлення програмного продукту дає можливість бути комерційно привабливим цьому проекту для інвесторів і державних енергетичних компаній.

ВИСНОВКИ

1. Виконано аналіз нормативно-правового забезпечення, щодо впровадження відновлювальних джерел енергії та аналіз сучасного стану розвитку відновлюваних джерел енергії в Україні та в країнах Європи. Наразі все більше країн світу ставлять собі за мету перехід на 50 і більше відсотків використання відновлюваних джерел енергії в енергетичному секторі.

2. Показано методи та підходи розрахунку відновлювальних джерел енергії для локального об'єкту, а саме розрахунок геліосистеми, теплових насосів та фотоелектричної станції.

3. Проведено аналіз програмного забезпечення яке дозволяє зробити розрахунок компонентів системи для розрахунків вхідної і вихідної потужності для встановлених фотоелектричних компонентів та спрогнозувати обсяги генерування ФЕС електроенергії для конкретних умов місцевості за умови.

4. Розроблено модель ФЕС на даху будівлі за допомогою спеціального програмного забезпечення(Helioscope) сонячної станції на даху будівлі для власного споживання. Встановлення такої фотоелектричної станції дасть змогу економити щорічно економити на платіжках за електроенергію.

5. Розроблено стартап-проект на основі виконаних досліджень. Ідея проекту полягає у розроблені програмного продукту, який вибирає оптимальні варіантів компонування існуючої локальної енергетичної системи з використання ВДЕ виходячи з даних про споживання енергетичних ресурсів. Приведено можливі дії компанії з метою підвищення конкурентоспроможності. Розроблено стратегії ринкового впровадження проекту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України про альтернативні джерела енергії [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/555-15>
2. Енергетична стратегія України на період до 2030 р. від 24.07.2013 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/n0002120-13>
3. Бабіч О.Ю., Веремійчук Ю.А., Аналіз інструментів щодо виконання передпроектних робіт функціонування СЕС. VI Міжнародна науково-технічна та навчально-методична конференція Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку (PEMS'19), м. Київ; Дата проведення: 04-07 червня 2019; С. 51-53. Url - pems.kpi.ua
4. Розвиток відновлюваних джерел енергії в Україні // Звіт в рамках проекту «Секретаріат та Експертний хаб з енергоефективності», що впроваджується Програмою розвитку ООН в Україні за підтримки Уряду Республіки Словачія та сприяння Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарств в Україні // березень 2017 р. – 36 с.
5. Огляд розвитку сектору ВДЕ за 2018 рік [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.slideshare.net/NKREKP/2018-126894035>
6. Стогній Б.С. Еволюція інтелектуальних електричних мереж та їхні перспективи в Україні /Стогній Б.С., Кириленко О.В., Праховник А.В., Денисюк С.П. // Техн. електродинаміка. –2012. –№5. – С.52–67.
7. Костюк В.О. Техніко-економічні оцінки виробництва електроенергії фотоелектричними станціями і проблема валоризації відновлюваних джерел енергії в Україні / Костюк В.О., Шульженко С.В., Охріменко І.А. // Техн. електродинаміка. – 2014. –№5. – С.59–61.
8. Попов В.А. Алгоритм многокритериального управления режимами работы микросетей / В.А. Попов, Е.С. Ярмолюк, П.А. Замковой // Восточно-европейский журнал передовых технологий / Наук. журнал. – Харків, 2014. – № 2/2 (68). – С. 61–68.

9. Мхитарян Н.М. Комплексное использование энергии возобновляемых источников /Мхитарян Н.М., Кудря С.О., Яценко Л.В. та ін. // Альтернативная энергетика и экология. – 2013. – №17. – С.15-22.
10. Ashok S. Optimized model for community based hybrid energy system /Renewable Energy. – Elsevier, 2007. – No32. – P. 155-164.
11. Будинки майбутнього: хто і як створює енергоефективне житло в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.epravda.com.ua/publications/2017/02/24/621932/>
12. Вайцзеккер Э. Фактор пять. / Э. Вайцзеккер // Формула устойчивого роста. Доклад Римского клуба. – Москва : АСТ-ПРЕСС КНИГА, 2013. – 368 с.
13. Державна служба статистики. Енергетичний баланс України (архів). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ukrstat.org/uk/operativ/operativ2012/energ/en_bal/arh_2012.htm
14. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.nerc.gov.ua/>
15. Національна енергетична компанія «Укренерго». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ua.energy/>
16. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://saee.gov.ua/>
17. Міністерство палива та енергетики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://mpe.kmu.gov.ua/>
18. Оцінка ресурсного потенціалу сонячної електроенергетики у Одеській області // Басок Б.І., Веремійчук Ю.А. – К.: «КІМ».- 2019. -250 с. ISBN 978-617-628-081-1
19. Веремійчук Ю.А., Замулко А.І. Аналіз нормативного забезпечення організації управління електроспоживанням. Енергетика та електрофікація. 2013 -№9 – С.30-37.
20. Веремійчук Ю.А. Аналіз результатів перевірки суб'єктів

господарювання наглядовими органами – основа для здійснення енергетичного аудиту/ А.І. Замулко, Ю.А. Веремійчук, М.В. Матвійчук // Енергетика: економіка, технології, екологія. 2016. № 4 С. 32-37 ISSN 1813-5420 (Print).

21. Б. І. Басок, О. М. Лисенко, Ю. А. Веремійчук Оцінка потенціалу кінцевого енергоспоживання теплової та електричної енергії населенням // Енергетика: економіка, технології, екологія. 2017. № 2 С. 68-75 ISSN 1813-5420 (Print).

22. Anatolij Mahnitko Renata Varfolomejeva, Yurii Veremiichuk, Olena Yarmoliuk, Ivan Prytyskach «Analysis of the results of optimal energy consumption planning for residential complex energy hub» /58th International Scientific Conference of Riga Technical University on Power and Electrical Engineering RTUCON2017/ October 12-13, 2017

23. Басок Б.І., Веремійчук Ю.А., Худенко В.О. Скорочення викидів CO₂ при використанні сонячної енергетики в Одеській області. V Міжнародна науково-технічна та навчально-методична конференція Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку (PEMS'18), м. Київ; Дата проведення: 17-18 квітня 2018 ; Url - pems.kpi.ua

24. Veremiichuk Y. , Zamulko A., Zaichenko S., Mahnitko A., Berzina K., Zicmane I. “Analysis of Electric Energy Supply Security Attached to Renewable Energy Sources Implementation” X International Conference on Electrical and Power Engineering EPE 2018 Iași, Romania. October 18-19, 2018.

25. Yurii Veremiichuk, Ivan Prytyskach, Olena Yarmoliuk and Vitalii Opryshko “Energy sources selection for industrial enterprise combined power supply system” 2019 IEEE 6th International conference on energy smart systems. Kyiv, Ukraine

26. Borys Basok, Oksana Lysenko, Yurii Veremiichuk, Oksana Rybina, Borys Davydenko and Tetyana Belyaeva “Experimental research of administrative buildings electricity consumption” 2019 IEEE 6th International conference on energy smart systems. April 17-19, 2019. Kyiv, Ukraine

27. World Energy Outlook 2017 (Всесвітній енергетичний прогноз за 2017 р. Короткий огляд), International Energy Agency (Міжнародне енергетичне агентство)
28. Energy Outlook 2017 edition (ВР Світовий огляд енергетики 2017), ВР, 2017
29. Сучасні тенденції побудови та керування режимами електроенергетичних мереж, д.т.н., проф., С.П.Денисюк
30. Annual Report, 2018 (Річний звіт ВР 2018)
31. Statistical Review of World Energy 2017 (ВР Статистичний огляд світової енергетики за 2017 р.)
32. Renewables 2017. Global Status Report, (ПДЕ 2017, Звіт про світовий стан), REN21
33. Eurostat [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ec.europa.eu/eurostat/>
34. Renewable energy statistics 2017 (Статистика поновлюваної енергії за 2017 р.), IRENA
35. Eurostat [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ec.europa.eu/eurostat/>
36. Energy Technology perspectives 2012. Pathway to a Clean Energy System, IEA, 2012 Krzysztof Gierulski. Energy Efficiency Indicators in the EU. SGUA, презентація 13.10.2015.
37. EU Energy in Figures. Statistical Pocketbook 2014.
38. Матеріали Міжнародної Асоціації централізованого енергопостачання (International District Energy Association)
39. Енергетичний баланс України за 2013 рік. Експрес-випуск Державної служби статистики України від 28.11.2014 № 510/0/08.4вн-14.
40. Постанова КМУ № 902-р від 01.10.2014 «Про Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року» <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/902-2014-%D1%80>
41. Energy Strategy 2050 – from coal, oil and gas to green energy

(Denmark), 2011.

42. Матеріали Австрійського Енергетичного Агентства (Austrian Energy Agency).

43. Energy Policies of IEA Countries Sweden, 2013, Review.

44. Анализ зарубежного опыта стандартизации технических требований к работе электростанций в составе энергосистемы, НТС Единой энергосистемы, 2015

45. Аналіз нормативно-технічної бази впровадження інтелектуальних енергетичних систем на основі технологій Smart Grid, І.Кульбовський, Інформаційно керуючі системи №3, 2016

46. Інтелектуальні енергетичні системи Smart Grid, Київський політехнічний інститут, Ю.В. Мірошник

47. Технічне регулювання у сфері стандартизації «розумних громад» та «розумних міст»: Європейський досвід, №37 Серія Регіональний розвиток, відділ регіональної політики, Д.І. Олійник

48. Використання технологій SMART GRID для підвищення ефективності електропостачання споживачів. / О.М. Мороз, М.М. Черемісін, О.А. Савченко, С.А. Попадченко, С.В. Дюбко. // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2017. – № 3. – С. 82 – 86.

49. 46. Звіт про виконання Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом у 2017 році. – Київ. – 2018. – 88 с. – Електрон. дан. – Режим доступу: <http://www.eu-ua.org>.

50. Міжнародний досвід високотехнологічного економічного розвитку на основі побудови SMART GRID. / Д.І. Олійник. // Стратегічні пріоритети. – 2017. – №3 (44). – С. 87 – 96.